

**Didaktische Ontologien
zur Organisation digitaler Objekte
in der Arbeit von Lehrkräften**

**Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Universität Flensburg**

vorgelegt von

Michael Schmiech

Flensburg 2006

- | | |
|---------------|--------------------------|
| 1. Gutachter: | Prof. Dr. A. W. Petersen |
| 2. Gutachter: | Prof. Dr. J. Pangalos |
| 3. Gutachter: | Prof. Dr. M. Burgmer |

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Juli 2006

Zur Veröffentlichung genehmigt: 13. September 2006

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
1.1 Gegenstand der Arbeit.....	1
1.2 Lehrkräfte und die Informatisierung des Lehrens und Lernens	4
1.2.1 Informationen in der Arbeit von Lehrkräften	4
1.2.2 Informatisierung des Lehrens und Lernens.....	8
1.2.3 Anforderungen zur IKT-Nutzung in der Arbeit von Lehrkräften	11
1.2.4 Digitalisierung berufsrelevanter Informations-Objekte	12
1.3 Lehrkräfte und die Organisation digitaler Objekte.....	18
1.3.1 Anforderungen an die Organisation digitaler Objekte.....	18
1.3.2 Kompetenzen zur Organisation digitaler Objekte.....	21
1.3.3 Arbeitsmittel	24
1.3.4 Lösungsansätze	27
1.4 Anlage und Aufbau der Arbeit	29
1.4.1 Zielsetzung und Forschungsansatz	29
1.4.2 Fragestellung.....	34
1.4.3 Aufbau und methodische Ansätze.....	35
2 Theoretische Bezüge grundlegender Begriffe und Konzepte.....	39
2.1 Information.....	39
2.1.1 Information und Selbstorganisation	41
2.1.2 Wirkebenen struktureller Information	46
2.1.3 Gebundene und freie Information	52
2.2 Digitale Objekte	55
2.2.1 Entstehung und Funktion digitaler Objekte	58
2.2.2 Quantität digitaler Objekte.....	67
2.2.3 Aspekte der Organisation und Nutzung digitaler Objekte.....	71
2.2.4 IKT-Systeme und digitale Objekte	79
2.3 Ontologien und andere Repräsentationen semantischer Verortungen.....	81
2.3.1 Metadaten, Vokabulare und Glossare	81
2.3.2 Klassifikationen und Thesauern.....	83
2.3.3 Ontologien.....	83
3 Möglichkeiten der didaktischen Organisation digitaler Objekte.....	90
3.1 Lern-Objekte: Digitale Objekte zum Lehren und Lernen	90
3.1.1 Konzepte und didaktische Ansätze im Kontext von Lern-Objekten.....	94
3.1.2 Technologische Standards im Kontext von Lern-Objekten.....	103
3.1.3 Programme und Portale für Lern-Objekte in der Praxis	109
3.2 Topic Maps.....	112

3.2.1 Grundlegende Konzepte des Topic Map Standards	114
3.2.2 Weiterentwicklung des Topic Map Standards.....	118
3.2.3 Anwendungen von Topic Maps in der Praxis	121
3.3 LOM-basierte Konzepte und Topic Maps im Vergleich	124
4 Empirische Befunde zur didaktischen Organisation digitaler Objekte	130
4.1 Instrumentarium und Durchführung der Erhebung	130
4.2 Zusammensetzung der Anfallstichprobe	134
4.3 Mengenzunahme und Digitalisierung berufsrelevanter Informationen	142
4.4 Digitale Objekte in der Arbeit von Lehrkräften.....	144
4.4.1 Nutzungsintensitäten verschiedener IKT-Anwendungen	145
4.4.2 Quantitäten digitaler Objekte	149
4.5 Organisation digitaler Objekte.....	157
4.5.1 Arbeitsmittel.....	158
4.5.2 Dimensionen verzeichnisbasierter Organisationssysteme.....	161
4.5.3 Umfang und Struktur verzeichnisbasierter Organisationssysteme.....	165
4.5.4 Problembereiche bei der Organisation digitaler Objekte	175
4.5.5 Relevante Dimensionen der Organisation.....	180
4.6 Netzbasierte Kooperation von Lehrkräften.....	184
4.6.1 Bedarf und Bereitschaft.....	184
4.6.2 Aspekte der konkreten Ausgestaltung.....	188
4.6.3 Personenkreis und organisatorisch-administrative Verankerung	190
5 Ontologien zur didaktischen Organisation digitaler Objekte	193
5.1 Methodik der Entwicklung von Ontologien	194
5.1.1 Methoden aus dem Umfeld des Knowledge Engineering	194
5.1.2 Implementationsebenen der Organisation digitaler Objekte	201
5.1.3 Strukturierung des weiteren Vorgehens	203
5.2 Spezifikation von Anforderungen.....	206
5.3 Entwicklung von Ontologien zur Organisation digitaler Objekte	210
5.3.1 Modelle des Arbeitsumfeldes von Lehrkräften	210
5.3.2 Modelle der Berufsarbeit und Berufsausbildung.....	214
5.3.3 Objektbezogene Modelle.....	228
5.3.4 Modell für personale Sichten und Aspekte der Ontologie	235
5.3.5 Modell zur Sequenzierung und Aggregation von Lernaufgaben	240
5.4 Implementation und exemplarische Evaluation der Ontologien.....	243
5.5 Entwicklungsbereiche und weiterführende Arbeiten.....	253

6 Schlussbetrachtung	256
Quellenverzeichnis	267

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Kerngeschäft und zentrale Arbeitsfelder von Lehrkräften	2
Abb. 2: Gebundene und freie Informationen.....	5
Abb. 3: Informationen in der Arbeit von Lehrkräften	8
Abb. 4: In beruflichen Schulen eingesetzte Software (Quelle: BMBF 2003, S. 14).....	9
Abb. 5: Lehrkräfte und digitale Objekte.....	17
Abb. 6: Informationsentstehung im Zuge irreversibler Prozesse in selbstorganisierten Systemen (SoS).....	44
Abb. 7: Nichtdeterministische Wirkung des Umfeldes auf den Prozess der Informationsentstehung	45
Abb. 8: Neue Verwaltensweisen (a) und Re-Aktionen (b) im Zuge der Informationsentstehung	45
Abb. 9: Triviale technische Informationsübertragung fremdorganisierter Systeme (FoS) durch Informations-Objekte (IO), unidirektional.....	46
Abb. 10: Nichttriviale soziale Information durch Informations-Objekte (IO), unidirektional.....	46
Abb. 11: Trivial vermittelte nichttriviale soziale Information.....	46
Abb. 12: Konstruktion und Erzeugung eines fremdorganisierten Systems (FOS).....	47
Abb. 13: Erzeugung eines fremdorganisierten Systems (FOS) mittels delegiertem Produktionsprozess	48
Abb. 14: Konstruktion und Erzeugung von Informations-Objekten (IO)	48
Abb. 15: Triviale programmgesteuerte Produktion bzw. Transformation eines Informations-Objektes	49
Abb. 16: Das semiotische Dreieck (in Anlehnung an OGDEN / RICHARDS 1923).....	50
Abb. 17: Triviale Erzeugung von Informations-Objekten.....	55
Abb. 18: Nichttriviale Erzeugung von Informations-Objekten	55
Abb. 19: Originäre Erzeugung eines IKT-Systems durch Menschen (M)	58

Abb. 20: Originäre Erzeugung eines digitalen Objektes durch Menschen (M).....	59
Abb. 21: EVA-Prinzip.....	59
Abb. 22: IKT-Systeme mit Informations- bzw. Wissensbasis.....	61
Abb. 23: Grundprozesse der Mensch-Maschine-Interaktion	62
Abb. 24: Programmgesteuerte triviale Erzeugung eines digitalen Objektes.....	63
Abb. 25: Klassifizierung der digitalen Objekte im Internet neben 83 Prozent kommerzieller Inhalte (Quelle: LAWRENCE / GILES 1999, S. 107)	68
Abb. 26: Reale und virtuelle Reichweite des Menschen.....	72
Abb. 27: Entwicklung der sektoralen Erwerbstätigkeit (Quelle: DOSTAL 2001, S. 4).....	73
Abb. 28: Vier Wege der Wissensumwandlung (in Anlehnung an TAKEUCHI / NONAKA 1995, S. 146).....	76
Abb. 29: Anwendbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Ontologien (in Anlehnung an GÓMEZ-PÉREZ 1999).....	87
Abb. 30: Ebenen einer Topic Map basierten Organisation digitaler Objekte	114
Abb. 31: Topic: Reifikation und Referenz (Quelle: Topicmap.org 2000).....	115
Abb. 32: Topics, Assoziationen und Occurrences	117
Abb. 33: Oberfläche des Analyse-Programms DirStat	133
Abb. 34: Befragungs-Teilnehmer nach Jahren im Schuldienst.....	135
Abb. 35: Befragungs-Teilnehmer nach Schulformen	136
Abb. 36: Schulformen im Vergleich zur Grundgesamtheit.....	137
Abb. 37: Beruflichen Fachrichtungen im Vergleich zur Grundgesamtheit	138
Abb. 38: Befragungs-Teilnehmer nach Zweitfächern bzw. allgemeinbildenden Unterrichtsfächern.....	138
Abb. 39: Berufliche Nutzungsdauer von Computern.....	139
Abb. 40: Berufliche Nutzungsdauer von Computern nach beruflichen Fachrichtungen.....	140

Abb. 41: Selbsteinschätzung zur Computerkompetenz	141
Abb. 42: Mengenwachstum berufsrelevanter Informationen	142
Abb. 43: Steigender Anteil digital gespeicherter Informationen.....	143
Abb. 44: Anteil digital gespeicherter Informationen.....	143
Abb. 45: Computer-Bedeutung für die Arbeit.....	145
Abb. 46: Arten und Intensitäten der beruflichen Computernutzung	146
Abb. 47: Anteil und Verteilung von Systemdateien.....	151
Abb. 48: Verwendetes Ordnungssystem.....	158
Abb. 49: Verwendete Werkzeuge zur Datei-Organisation	159
Abb. 50: Ordnungsdimensionen zum Anlegen neuer Ordner	162
Abb. 51: Ordnungsdimensionen bei der Vergabe von Dateinamen	164
Abb. 52: Relative Verteilung der Dateien und Verzeichnisse nach Ebenen	166
Abb. 53: Dateien pro Verzeichnis nach Ebenen.....	167
Abb. 54: Unterverzeichnisse pro Verzeichnis nach Ebenen.....	168
Abb. 55: Länge der Verzeichnisnamen nach Verzeichnisebenen	170
Abb. 56: Länge der Dateinamen nach Verzeichnisebenen.....	171
Abb. 57: Länge der Dateinamen nach Dateitypen.....	172
Abb. 58: Schwierigkeit typischer Aufgaben der Dateiorganisation	176
Abb. 59: Schwierigkeitsgrad der Dateiorganisation nach wöchentlicher Nutzungsdauer	179
Abb. 60: Schwierigkeitsgrad der Dateiorganisation nach IT-Kompetenz.....	179
Abb. 61: Didaktisch orientierte Ordnungsdimensionen	182
Abb. 62: Stand der Kooperation bei Informations-Objekten.....	185
Abb. 63: Bedeutung der Verfügbarkeit eines Pools digitaler Objekte	185
Abb. 64: Anpassungsaufwand zur Nutzung fremd erstellter digitaler Objekte.....	186
Abb. 65: Bereitschaft zur Verfügbarmachung selbst erstellter digitaler Objekte.....	186

Abb. 66: Akzeptanz eines geringen Erstellungsmehraufwandes	187
Abb. 67: Akzeptanz von Einarbeitungsaufwand.....	188
Abb. 68: Anonymer Zugriff auf digitale Objekte	189
Abb. 69: Berücksichtigung von Urheberrechten.....	189
Abb. 70: Objekt-bezogene Annotation und Kommunikation	190
Abb. 71: Einbindung der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung.....	191
Abb. 72: Einbindung der betrieblichen Dualpartner	191
Abb. 73: Organisatorisch-administrative Verankerung	192
Abb. 74: Zustände und Aktivitäten in METHONTOLOGY (Quelle: FERNÁNDEZ / GÓMEZ-PÉREZ / JURISTO 1997, S. 3)	195
Abb. 75: Wissens- und Wissensmetaprozess als orthogonale rückgekoppelte Prozesse (Quelle: SCHNURR u. a. 2001, S. 2).....	200
Abb. 76: Modell mutualer Abstraktions-Implementationsebenen	202
Abb. 77: Modell der Lehrkraft und seines Arbeitsumfeldes.....	211
Abb. 78: Modelle für Bildungsgang und Bildungsplan	213
Abb. 79: Zentrale Aspekte des <i>Hamburger Modells</i> der Berufsarbeit.....	215
Abb. 80: Zentrale Aspekte des <i>Flensburger GAHPA/GAHFA-Modells</i> der Berufsarbeit	216
Abb. 81: Vereinheitlichtes Modell der Berufs- und Lernarbeit	223
Abb. 82: Integrationsmodell für lernfeldstrukturierte Lehrpläne.....	227
Abb. 83: Occurrence-Typen digitaler Objekte.....	231
Abb. 84: Modell der Metadaten-Typen für digitale Objekte	234
Abb. 85: Modell der Scope-Typen.....	238
Abb. 86: Sequenzierung und Aggregation von Lernaufgaben.....	241
Abb. 87: Topic Map Auszug: Definition und Typisierung von Topics, Assoziationen	244
Abb. 88: Topic Map Auszug: Definition von Assoziations-Typen	245

Abb. 89: Topic Map Browser: Darstellung eines Lernfeldes	246
Abb. 90: Topic Map Browser: Darstellung eines Lernhandlungsfeldes.....	247
Abb. 91: Topic Map Browser: Darstellung ausgewählter Inhaltsdimensionen der Arbeit	249
Abb. 92: Topic Map Browser: Darstellung der Sachdimension.....	250
Abb. 93: Topic Map Browser: Darstellung der Fachdimension.....	250
Abb. 94: Topic Map Browser: Sequenzierung von Prozessphasen.....	251
Abb. 95: Topic Map Browser: Visualisierung des semantischen Netzes.....	252

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: RIO-Typen und deren Zweck	99
Tab. 2: Kategorien des Draft Standard for Learning Object Metadata.....	105
Tab. 3: Anzahl der Dateien nach Verzeichnisebenen	153
Tab. 4: Quantitäten ausgewählter Dateitypen	154
Tab. 5: Verzeichnisse nach Verzeichnisebenen	165

Abkürzungsverzeichnis

AvL	Arbeit von Lehrkräften
CIO	Combined Information Object
DC	Dublin Core
DAML	DARPA agent markup language
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DO	Digitales Objekt
EGS	Elektroniker/-in für Geräte und Systeme
EML	Educational Modelling Language
FAT	File Allocation Table
FIO	Fundamental Information Object
FoS	Fremdorganisiertes System
HTML	Hypertext Markup Language
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IO	Informations-Objekt
ISO	International Organization for Standardization
LOM	Learning Objekt Metadata
LTM	Linear Topic Map Notation
LTSC	Learning Technology Standardization Committee
MILO	Mid-level Ontology
NTFS	New Technology File System
OdO	Organisation digitaler Objekte
OIL	Ontology Interchange Language
OWL	Web Ontology Language
P2P	Peer-to-peer
RDF	Resource Description Framework
RIO	Reusable Information Object
RLO	Reusable Learning Object
SGML	Standard Generalized Markup Language
SoS	Selbstorganisiertes System
SUO	Standard Upper Ontology
SUMO	Suggested Upper Merged Ontology

TM	Topic Map
UML	Unified Modeling Language
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
VPN	Virtual Private Network
XML	Extensible Markup Language
XSLT	Extensible Stylesheet Language Transformation

1 Einleitung

1.1 Gegenstand der Arbeit

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem fortschreitenden Eindringen und Nutzen informations- und kommunikationstechnischer Systeme (IKT-Systeme)¹ in die Arbeit von Lehrkräften (AvL) und hier im Besonderen mit Fragen der individuellen und kooperativen Organisation sogenannter digitaler Objekte, semantischer Einheiten digital gespeicherter Informationen.² Betrachtet wird die Arbeit von Lehrkräften am Lernort Schule. Eine bevorzugte Beachtung erfahren Bereiche des dualen Systems beruflicher Bildung, die durch eine relativ progressive Computernutzung gekennzeichnet sind und die potenzielle Entwicklungen in der Arbeit von Lehrkräften vorzeichnen. Den Erfordernissen einer modernen beruflichen Bildung Rechnung tragend, finden zudem an Geschäfts- und Arbeitsprozessen orientierte Strukturierungen eine besondere Berücksichtigung. Die Ergebnisse der Arbeit haben auch für Lehrkräfte in anderen Schul- und Ausbildungsformen, für Ausbilder am Lernort Betrieb und auch für Tätige in Institutionen der beruflichen Weiterbildung eine hohe Bedeutung.

Die Arbeit von Lehrkräften unterliegt einem durch Informatisierung³ bedingten Wandel. Damit verbunden ist ein wachsendes Maß an Informationen, das zur Ausübung der Arbeit von Lehrkräften von Bedeutung ist. Gleichzeitig liegen die berufsrelevanten Informationen zunehmend in digitaler Form vor und sind damit nur mittels i. d. R. vernetzter Computer und darauf basierten Anwendungen nutzbar. Solche IKT-Systeme werden aus diesem wie weiteren Gründen zu einem unverzichtbaren Arbeitsmittel für Lehrkräfte in unterschiedlichen Handlungsfeldern der Berufsarbeit: Sie dienen der Planung und Vorbereitung, der Durchführung, der Evaluation sowie der Administration

¹ In der weiteren Verwendung schließt der Begriff IKT-Systeme entsprechende Hardware-Systeme wie auch mit diesen verbundene Software-Systeme bzw. Software-Anwendungen ein. Zur Betonung des Software-Aspekts in diesen Systemen wird auch von IKT-Anwendungen gesprochen.

² In erster Näherung können digitale Objekte als Dateien aufgefasst werden. Eine weitere Auseinandersetzung mit diesem Begriff erfolgt in Kapitel 2.

³ Der Begriff *Informatisierung* soll im Weiteren verstanden werden als fortschreitendes Eindringen und Nutzen von IKT-Systemen in betrachtete Bereiche wie einer damit verbundenen steigenden Komplexität und Dynamik von Prozessen und wachsenden Abhängigkeit der Menschen von komplexitätsreduzierenden Informationen (vgl. WERSIG 1996).

von Lehr- und Lernarrangements, der Kommunikation und Kooperation mit Kollegen, Betrieben, Eltern wie sicher auch der eigenen Fort- und Weiterbildung (vgl. Abb. 1).

Gestaltung von Lehr-/Lernarrangements	Planung und Vorbereitung	<ul style="list-style-type: none"> - Didaktische Perspektiv- und Detailplanung unter Abstimmung mit Beteiligten - Lernortkooperation - Lernraumgestaltung - Erstellung / Beschaffung von Lehr- und Lernmitteln - Fort- und Weiterbildung (Teilnahme, Ausrichtung) - ...
	Durchführung	<ul style="list-style-type: none"> - Ablauf und Sozialformen organisieren - Aufgaben stellen - Informationen verfügbar machen / präsentieren - Diskussionen führen, Gespräche moderieren - Bewertungen vornehmen, Rückmeldungen geben - Beratung und Hilfestellungen geben, Konfliktbewältigungen anleiten / betreiben - ...
	Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> - Auswertung von Lernerfolgskontrollen - Überarbeitung und Weiterentwicklung der didaktischen Ansätze - Überarbeitung und Weiterentwicklung der Lehr- und Lernmitteln - ...
	Administration, ...	<ul style="list-style-type: none"> - Klassenlehrer- u. Tutorfunktionen (Einschulung, Zeugnisse, Mahnwesen) - Eltern- und Ausbildergespräche, Laufbahnberatung - Teilnahme an Zeugnis-, Klassen-, Fach-, Lehrer- und Schulkonferenzen bzw. deren Leitung - Betreuung von Referendaren/-innen, - ...

Abb. 1: Kerngeschäft und zentrale Arbeitsfelder von Lehrkräften

Die zunehmende Verfügbarkeit und Nutzung von IKT-Systemen und die damit einhergehende wachsende Anzahl und Bedeutungszunahme digitaler Objekte ist mit Chancen wie auch mit Risiken für die Arbeit von Lehrkräften im Besonderen wie für Bildungsprozesse im Allgemeinen verbunden:

- Beispielsweise werden netzbasierte kooperative Vorgehensweisen von Lehrkräften zur Erstellung und gegenseitigen Nutzung von Lehrmedien und Selbstlernmaterialien durch IKT-Systeme ermöglicht. Dies kann die Verfügbarkeit und Qualität digitaler Medien für Lehr-/Lernarrangements verbessern und so die Lehrkraft von Funktionen der Informationsaufbereitung und Darbietung entlasten wie auch Freiräume zur individuellen Unterstützung von Lernenden schaffen.
- In der übergeordneten Perspektive des beruflichen Bildungssystems kann die verstärkte Nutzung von IKT-Systemen als ein wichtiges Instrument gesehen werden, den ursächlich durch den verstärkten IKT-Einsatz in der Arbeitswelt

veränderten Anforderungen hin zu einem flexibilisierten und individuell lebensbegleitenden bedarfs- und arbeitsprozessorientierten Lernen zu begegnen.

- Auf der anderen Seite führt die bereits heute vorhandene Zahl digitaler Objekte beispielsweise auch dazu, dass benötigte und im Prinzip auch verfügbare Informationen vielfach nicht aufgefunden werden können oder auch bedeutsame Informationen versehentlich gelöscht werden.

Chancen und Risiken ergeben sich aus den spezifischen Eigenschaften digital gespeicherter Informationen bzw. digitaler Objekte, die im Prinzip allgegenwärtig sind. Sie lassen sich im Rahmen der verfügbaren Netze nahezu unabhängig von topografischen Beschränkungen quasi mit Lichtgeschwindigkeit transportieren, von materiellen Beschränkungen scheinbar entfesselt, kostenlos vervielfältigen und in Sekundenbruchteilen nach bestimmten Bestandteilen absuchen. Auf der anderen Seite sind digitale Objekte in ihrer *äußeren* Gestalt gleichförmig und für Menschen nur mittelbar unter Nutzung von IKT-Systemen zugänglich. Das Unterscheiden wichtiger und unwichtiger, relevanter wie irrelevanter Objekte ist nicht selten schwierig.

Der effizienten Organisation digitaler Objekte kommt eine Schlüsselfunktion zu, um gegebene Potenziale zu nutzen wie auch Risiken zu vermeiden. Bestimmend sind hier die von Lehrkräften verwendeten IKT-basierten Arbeitsmittel und damit verbundene Methoden zur *Handhabung* digitaler Objekte, die auf die Eigenarten des digitalen Mediums wie auf die spezifischen Anforderungen der Arbeit von Lehrkräften abgestimmt sein müssen. Wichtig ist zu erkennen, dass diese Arbeitsmittel primär durch die eingesetzten Software-Systeme bestimmt sind, die der vernetzten Computer-Hardware ihre Funktionalitäten verleihen. Diese Software wiederum muss Möglichkeiten bieten, die im betrachteten Kontext der Arbeit bedeutsamen semantischen Strukturierungen geeignet abzubilden bzw. zu implementieren.

Die vorliegende Arbeit will hier einen klärenden Beitrag leisten, indem Bedeutung, Arten und Verfahrensweisen der Nutzung von IKT-Systemen durch Lehrkräfte untersucht und damit verbundene Problembereiche und Anforderungen an die Organisation und Nutzung digitaler Objekte offen gelegt werden. Zudem werden Verbesserungsmöglichkeiten diskutiert und aufgezeigt, und zwar in welcher Weise sich für die Arbeit von Lehrkräften relevante Ordnungsmerkmale digitaler Objekte auf Organisationsstrukturen

abbilden lassen, um eine möglichst effiziente individuelle wie kooperative Nutzung digitaler Objekte unter Einbeziehung der Potenziale von IKT-Systemen zu erreichen.

Die hierzu auf der Modellebene angesiedelten Betrachtungen sind hinsichtlich der Art einer praktischen Implementation durch Software-Anwendungen invariant. Sie haben unabhängig davon Gültigkeit, ob die praktische Realisierung als Web-Portal zum kooperativen Tausch von Informationen oder in der Art eines Systems zur individuellen Organisation digitaler Objekte auf dem Rechner einer Lehrkraft erfolgt. Unter der Voraussetzung der zielgruppenspezifischen Akzeptanz eines Modells zumindest partiell vereinheitlichter semantischer Strukturierungen der Organisation digitaler Objekte lassen sich auch verbesserte Bedingungen zur kooperativen Nutzung dieser erreichen. So wird die Orientierung in fremd erstellten Informationsbeständen erleichtert. Das Veröffentlichen und Einstellen eigener Beiträge kann unter Einbeziehung der lokal bestehenden Organisationsstrukturen im Prinzip ohne Mehraufwand, wie der portalspezifischen Beiordnung von Metadaten, erfolgen. Damit ist ein Beitrag zum Informations- und Wissensmanagement an Schulen bzw. in schulübergreifenden Verbänden von Lehrkräften beschrieben, der die im Kern vielfach individualisiert arbeitenden Akteure als Ausgangspunkt wählt, in den Mittelpunkt der Betrachtungen stellt und die synergetische Wandlung vielfach vorhandener Redundanzen ermöglicht.

1.2 Lehrkräfte und die Informatisierung des Lehrens und Lernens

1.2.1 Informationen in der Arbeit von Lehrkräften

Die Arbeit von Lehrkräften ist im Kern durch den Umgang mit Informationen⁴ geprägt, denn die genuine Aufgabe besteht darin, Menschen in ihrer spezifischen Wissenskonstruktion zu unterstützen, indem sie die informationelle Umwelt dieser geeignet gestalten und anreichern. Hierzu können komplexe und problemhaltige Lernumgebungen beispielsweise in Anlehnung an reale Arbeitsprozesse und damit verbundene Werkzeu-

⁴ Eine theoretische Auseinandersetzung mit dem bereits mehrfach bemühten und umgangssprachlich häufig benutzten Begriff *Informationen* erfolgt in Kapitel 2. An dieser Stelle steht der Begriff zunächst für von Menschen wahrnehmbare Strukturen, die diesen bei der Bewältigung der alltäglichen Herausforderungen helfen können.

ge und Materialien geschaffen werden, in denen Lernende rezeptiv wie interaktiv Informationen gewinnen können. Lehrkräfte können Vorträge halten, Diskussionen anleiten, individuelle Beratungsgespräche durchführen oder beispielsweise auch Informationen in der Art von vorbereiteten Texten oder Schaubildern darbieten. Information kann also sehr unterschiedlich konkretisiert sein. Sie ist durch die wahrnehmbare Struktur der natürlichen Umwelt mit ihren lebenden Organismen wie auch durch deren Artefakte wie z. B. Straßen, Häuser, Maschinen und viele andere menschengeschaffene Dinge in unserer Umgebung repräsentiert und mit diesen verbunden (vgl. Abb. 2). Information ist zunehmend aber auch durch spezielle Informations-Objekte wie z. B. Bücher, Zeitschriften oder Dateien gegeben, bei denen der physikalische Träger der Information im Prinzip austauschbar ist und die eigentliche Information auf ein Drittes, nicht aber auf den Träger der Information, verweist und damit von ihrem eigentlichen Bezug befreit auftritt (vgl. EBELING / FEISTEL 1994, S. 55ff, vgl. Abschnitt 2.1.3).

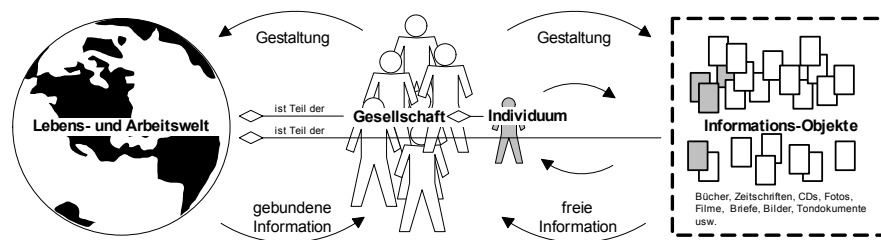


Abb. 2: Gebundene und freie Informationen

Abb. 2 veranschaulicht die Unterscheidung gebundener und freier Informationen und macht deutlich, dass auch *freie* Informations-Objekte letztlich Teil der Arbeits- und Lebenswelt sind und dass es Menschen sind, die die Arbeits- und Lebenswelt wie auch die Informations-Objekte etwa unter Zuhilfenahme von Werkzeugen und Maschinen gestalten.

Neu geborene Menschen wachsen in einer zu einem erheblichen Teil durch Menschen gestalteten Umwelt auf und genau dieses Menschenwerk beeinflusst damit in erheblichem Maße auch das durch Informationen beeinflusste Heranwachsen der Geschöpfe. Während es in früherer Zeit in einer weitgehend natürlichen und von Menschenhand unberührten Umwelt vielleicht noch ausreichend war, das Lernen der Menschen an den mehr oder weniger natürlich gegebenen gebundenen Informationen auszurichten, ist dies in einer hoch entwickelten und global vernetzten Industrie- und Informationsgesellschaft sicher nicht ausreichend. Zur Erlangung von Handlungs- und Gestaltungskompe-

tenz bedürfen Prozesse des Lernens und Lehrens heute sowohl geeignete gebundene Informationen wie auch vermittelnde freie Informations-Objekte.

Die Tätigkeit der Lehrkräfte stellt sich in der eben eingenommenen Perspektive als ein Gestalten gebundener wie freier Informationen dar, mit dem Zweck Lernen möglichst effizient zu unterstützen. Die Erstellung bzw. Bereitstellung authentischer Lehr- und Lernmedien in der Art von Demonstrationsversuchen, Messübungen, Werkstoffen, Bauteilen, Komponenten, Arbeitsmitteln usw. sind konkrete Beispiele für die Gestaltung gebundener Informationen durch Lehrkräfte. Einen besonders breiten Raum nimmt auch die unmittelbare soziale Kommunikation und Interaktion ein. Als Spielart freier Information ist das gesprochene Wort ein wesentlicher Informationsträger in Kontexten des Lehrens und Lernens: Lehrkräfte erläutern den geplanten Verlauf, tragen zu Themen vor, diskutieren und klären wichtige Zusammenhänge im Lehrer-Schüler-Gespräch, erfragen Befindlichkeiten, geben Lösungshinweise, lassen Lernende Ergebnisse vortragen und beauftragen die Lernenden, in Gruppenarbeit Lösungen zu diskutieren usw. Neben diesen direkt mit Lehr-Lernprozessen in Bezug stehenden Vorgängen sind die vielfältig notwendigen Gespräche zur übergeordneten Abstimmung und Organisation mit Kollegen, mit den betrieblichen Dualpartnern, mit Eltern usw. weitere Beispiele für Prozesse der Verwendung freier Informationen.

Insbesondere für Letztere gilt, dass diese sich heute aus Gründen der Effizienz vielfach in der Art von Telefongesprächen, E-Mail oder auch per SMS vollziehen und sich damit technisch übermittelter Informations-Objekte bedienen. So werden ursprünglich flüchtige Informationen gewollt oder ungewollt im Zuge der Nutzung technischer Hilfsmittel in stabile freie Informations-Objekte überführt. Dies gilt insbesondere für die verbreitete Korrespondenz via E-Mail. Andere Varianten, flüchtige Informationen in geeignete stabile Repräsentanzen zu überführen, sind das Niederschreiben von Einschätzungen mündlicher Leistungen von Lernenden, Gesprächs- und Aktennotizen, festzuhaltende Kontaktinformationen oder auch Termine.

Für Lehrkräfte nimmt die Arbeit mit Informations-Objekten auch außerhalb von Phasen der Planung und Durchführung von Lehr-/Lernarrangements einen breiten Raum ein. In der Funktion eines organisatorisch-administrativen Rahmens, welcher von tätigen Lehrkräften einzuhalten ist, finden sich an Informations-Objekten etwa die Schulgesetze der Länder, das Berufsbildungsgesetz, zahlreiche Verordnungen und Erlasse wie nicht

zuletzt Berufsschulordnungen, Ausbildungsordnungen und Lehrpläne, die Lehrkräfte kennen und im Bedarf anwenden müssen. Ergänzt werden diese Rahmenwerke um eher schulspezifische Regularien, wie eine Schul- bzw. Hausordnung, eine Laborordnung, zahlreiche Dienstanweisungen und Verfahrensvorschriften, Formulare für Unterrichtsverlegungen, für Beurlaubungen, für Stundenausfälle, für Lehrmittelbestellungen, für Anträge an den Vermögenshaushalt, für das Mahnverfahren bei Unterrichtsversäumnissen usw. Hier handelt es sich insgesamt um Informations-Objekte, die zunächst nicht unmittelbar dem Gestaltungsspielraum der Lehrkräfte unterliegen, sondern bereitgehalten werden und in der gegebenen Form bedarfsorientiert zur Anwendung gebracht werden müssen. Zur Verwaltung von Bildungsgängen, Klassen und Schülern kommen Informations-Objekte wie Stammbblätter, Notenübersichten, Zeugnishefte wenigstens halbjährlich zum Einsatz. Abteilungs- oder bildungsgangsspezifische Stoffverteilungspläne oder didaktische Jahrespläne regeln das Nähere der Lehrplanumsetzung. Klassenbücher, Klassenbegleitakten und der Lehrerkalender mit den Notenlisten sind übliche Begleiter schulischer Bildungsprozesse, in denen Lehrkräfte in weitgehend regulierter Weise Informationen zu ergänzen haben.

Einen deutlich größeren Spielraum im Umgang mit Informations-Objekten haben Lehrkräfte in Phasen der Vorbereitung und Durchführung von Lehr-/Lernarrangements. Erhebliche Zeit wird häufig darauf verwendet, geeignete Informations-Objekte mit der speziellen Funktion von Lehr- und Lernmedien zu erarbeiten bzw. in geeigneter Weise verfügbar zu machen. Die Lehrkraft erstellt bzw. beschafft klassische Informations-Objekte wie Informationsblätter, Schaubilder, Diagramme, Lehrfilme, Übungsblätter, Klassenarbeiten und zunehmend auch umfangreichere Selbstlernmaterialien zu größeren Themenkomplexen. Sie beschafft und stellt Schulbücher bereit. Ferner kommen Informations-Objekte wie Fotos, Filme und Tondokumente zum Einsatz.

Typische mit Informations-Objekten verbundene Aufgaben und Prozesse sind dabei

- das Erzeugen neuer Informations-Objekte,
- das Suchen und Beschaffen bereits vorhandener Informations-Objekte,
- das Verändern von Informations-Objekten wie schließlich
- das Speichern, Sichern, Kopieren, Transportieren und Verteilen.

Als Zusammenfassung lässt sich Abb. 2 in eine auf die Arbeit von Lehrkräften bezogene Darstellung überführen (Abb. 3). Sie berücksichtigt die große Bedeutung gebundener wie freier Informationen und zeigt Lehrende wie Lernende als Gestalter und Nutzer derselben.

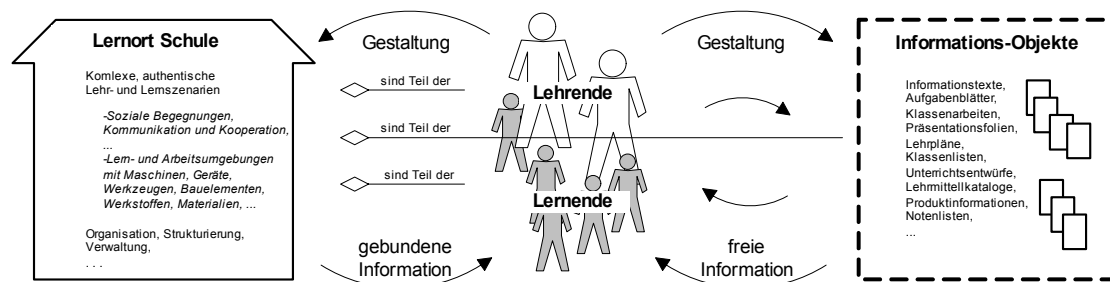


Abb. 3: Informationen in der Arbeit von Lehrkräften

1.2.2 Informatisierung des Lehrens und Lernens

Die Informatisierung der Arbeitswelt hat bereits ein erhebliches Ausmaß erreicht. Laut eines IKT-Reports verrichtet insgesamt jeder zweite Beschäftigte den überwiegenden Teil seiner Arbeit am Computer, bei technischen Dienstleistern liegt der Anteil über 70 Prozent (vgl. ZEW 2003, S. 2). Darin eingebettet wird zunehmend auch der Sektor des Lehrens und Lernens von der Nutzung von IKT-Systemen durchdrungen. Eine vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Jahr 2003 herausgegebene Studie zur IKT-Ausstattung von Schulen liefert Zahlen, die dieses unterstreichen:

- 96 Prozent der bundesdeutschen Schulen sind mit Computern für den Unterrichtseinsatz ausgerüstet.
- In berufsbildenden Schulen kommt auf 11 Lernende ein Computer (vgl. BMBF 2003, S. 7).
- In berufsbildenden Schulen am häufigsten eingesetzte Softwarearten sind Branchensoftware (85 %) und Lernsoftware (79 %) (vgl. Abb. 4).

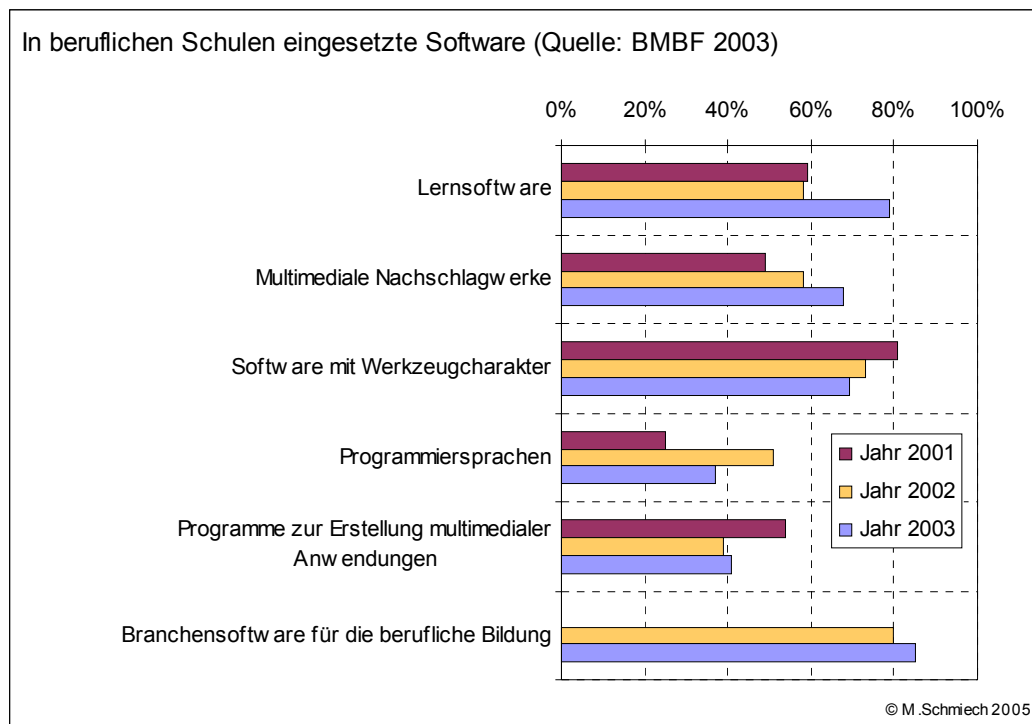


Abb. 4: In beruflichen Schulen eingesetzte Software (Quelle: BMBF 2003, S. 14)

Eine etwas differenziertere Betrachtung der Nutzung von IKT-Systemen beim Lehren und Lernen lässt zumindest nachstehende strukturell verkoppelte Rollen bzw. Funktionen hervortreten:

In dem Maße, wie die Berufsarbeit in einem betrachteten Sektor durch die Arbeit mit und an Computern geprägt ist, muss natürlich die Berufsausbildung in genau diesem Sektor auf damit einhergehende Qualifikationsanforderungen reagieren und zwar, indem sie den Erwerb von IKT-Kompetenz zu einem wichtigen Ziel und Inhalt der Ausbildung erhebt (vgl. STUBER 2002). Die Anwendung und Nutzung von IKT-Systemen ist mehr oder weniger Gegenstand in allen in letzter Zeit neu geordneten Ausbildungsberufen. Daneben gibt es Ausbildungsberufe, die sich im Kern mit der Gestaltung von IKT-Systemen befassen. Zu nennen ist hier der im Jahr 2003 entstandene Ausbildungsberuf *Systeminformatiker/in*, der dem Berufsfeld *Elektrotechnik* zugeordnet und insbesondere auch durch die Gestaltung eingebetteter IKT-Systeme geprägt ist (vgl. SCHMIECH 2003). Eine ähnlich hohe IKT-Durchdringung weisen die IT-Berufe auf (vgl. PETERSEN / WEHMEYER 2002). Im Ergebnis führt ein wachsender Anteil IKT-bezogener Inhalte in schulischen Bildungsprozessen unweigerlich dazu, dass sich auch Lehrkräfte mit diesen Themen befassen müssen. Und so, wie IKT-Systeme als Bildungsinhalt und Gegenstand auf der Ebene beruflicher Bildung die Praxis der Facharbeit vorbereiten, hat

dann auch die Ausbildung von Lehrkräften an den Universitäten wie in der zweiten Phase die so veränderte Berufspraxis der Lehrkräfte vorzubereiten (vgl. HENSGE 2003, S. 6).

Die im Zuge der Informatisierung zunehmend dynamisierte Arbeitswelt führt insgesamt zu sich sehr schnell wandelnden Qualifizierungsanforderungen und macht die Festbeschreibung eines relativ stabilen Kanons von Bildungsinhalten zunehmend unmöglich. Hinzu kommt, dass die in unterschiedlichsten Kontexten der Berufsarbeit benötigten Informationen, ungeachtet ihres Wandels, schon aufgrund ihrer Menge ein Ausmaß erreicht haben, das den Rahmen des in einer normalen Berufsausbildung zu erlernenden übersteigen dürfte. In der Konsequenz hat das Erlernen eines lebensbegleitenden, flexiblen wie bedarfsorientierten selbst gesteuerten Lernens einen hohen Stellenwert in der beruflichen Bildung (vgl. SKOLA 2004, KMK 2003, S. 5 f.).

Die Ursache der Entwicklung kann einen Beitrag zur Lösung der damit verbundenen Probleme leisten, denn der verstärkte Einsatz von IKT-Systemen als Werkzeug, beispielsweise zur bedarfsorientierten Informationsbeschaffung wie auch zur Nutzung elektronischer Selbstlernmaterialien, eröffnet einen Weg, in enger Bindung an Arbeitsprozesse individualisiert und bedarfsorientiert zu lernen, was nicht auf Vorrat gelernt werden kann. E-Learning und Wissensmanagement sind populäre Schlagworte, die in derartigen und ähnlichen Kontexten des IKT-gestützten Lernens regen Gebrauch finden (vgl. z. B. ebenda, BIBB 2003, BREITER 2002, DILGER / KREMER 2002, EULER / WILBERS 2003, MANDL / WINKLER 2002, HAUB / MIRTSCHINK 2002).

Neben ihrem Flexibilisierungspotenzial kommt IKT-Systemen in Prozessen des Lehrens und Lernens auch deshalb große Aufmerksamkeit zu, weil diese, so die Hoffnung, Rationalisierungen, z. B. durch verstärkten Einsatz des E-Learning, ermöglichen. Aus unternehmerischer Sicht ist es von Interesse, notwendige Qualifizierungsmaßnahmen von Mitarbeitern mit geringerem Kostenaufwand durchzuführen, um so die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Mit Blick auf schulische Bildungsprozesse kann argumentiert werden, dass E-Learning von Aufgaben der Informationsdarbietung befreit. Die frei gewordene Zeit kann für die individuelle Beratung und Unterstützung der Lernenden genutzt oder auf die Schaffung von Lehr-/Lernszenarien verwandt werden, die dem Erlernen der durch E-Learning dargebotenen Informationen dann Kontext, Sinn und Anwendung geben (vgl. EULER 1998).

Mit Hilfe geeigneter IKT-Anwendungen lassen sich heute Lehr-/Lernarrangements gestalten, die es vorher so nicht gab und die zumindest von der Hoffnung begleitet sind, die Effektivität des Lernens zu steigern. Zu nennen sind hypermediale Strukturierungen von Inhalten, der Einsatz von Simulations- und Visualisierungsprogrammen (z. B. *PSpice* aus dem Bereich der Elektrotechnik). Ein anderes prägnantes Beispiel sind Mathematik-Programme wie *Mathcad*, die Kurven, Flächen oder Körper in ihrer Anordnung im Raum zeigen. Auch netzbasierte Kommunikations- und Kooperationsszenarien sind neue Formen des Lernens (vgl. ebenda).

1.2.3 Anforderungen zur IKT-Nutzung in der Arbeit von Lehrkräften

In dem Maße, wie der Umgang mit IKT-Systemen Voraussetzung zur gesellschaftlichen Teilhabe wird, ist die Bildung gefordert, Menschen geeignet auf damit verbundene Qualifikationsanforderungen vorzubereiten. Die hierzu notwendigen Veränderungen im Sektor des Lehrens und Lernens berühren die Berufsarbeit wie die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften als Teil des Sektors unmittelbar. Verbunden mit der Informatisierung der Berufsarbeit im Allgemeinen wie von Prozessen des Lehrens und Lernens erfolgt eine Informatisierung der Arbeit von Lehrkräften. Eine hohe Dynamik und steigende Komplexität führen zu einem Anwachsen der insgesamt zur erfolgreichen Ausübung der Lehrerarbeit notwendigen wie relevanten Informationen. Veränderte Qualifikationsanforderungen an die Arbeit von Lehrkräften machen einen verstärkten Einsatz von IKT-Systemen und mit diesem Arbeitsmittel verbunden auch veränderte berufliche Prozesse notwendig:

- Ist ein zu behandelndes Themengebiet der Lehrkraft fremd, weil es z. B. erst jüngst an Bedeutung gewonnen hat, so bleibt auch der Lehrkraft oft nur die Möglichkeit, sich hier flexibel zu zeigen und an dem Bedarf orientierte selbst gesteuerte Lernprozesse einzuleiten, in denen insbesondere das mit dem Internet verbundene IKT-System eine wertvolle Hilfe sein kann, um notwendige Informationen zu beschaffen.
- Ist die kompetente Nutzung von IKT-Anwendungen Gegenstand und Ziel beruflicher Bildung, so müssen Lehrkräfte genau diese Anwendungen im Rahmen der Vorbereitung von Lehr-/Lernszenarien einsetzen, um sich selbst in der Nutzung

dieser Systeme zu professionalisieren und eine angemessene Vorbereitung zu betreiben.

- Ist es das Ziel, die Selbstlernkompetenz der Lernenden durch IKT-basierte Nutzung von Selbstlernmedien zu fördern, so sind diese von der Lehrkraft unter IKT-Nutzung geeignet zu erstellen oder vorzubereiten.
- Und ist das von Lehrkräften auszugestaltende Thema das netzbasierte Kommunizieren und Kooperieren, wie es in der Arbeitswelt vielfach geübt wird, so gelingt dies sicher besonders gut, wenn Lehrkräfte sich selbst in Vorhaben netzbasierter Kooperationen mit Kolleginnen und Kollegen, beispielsweise zur kooperativen Erstellung von Lehr- und Lernmedien, befinden und üben.

Lehrkräfte können in ihrer Berufsarbeit aufgrund veränderter Anforderungen an die Gestaltung beruflicher Bildungsprozesse heute kaum noch oder zunehmend weniger auf den Einsatz von IKT-Systemen verzichten. Dies gilt im Besonderen für Lehrkräfte in IKT-affinen Bildungsbereichen, wie z. B. der dualen beruflichen Bildung in den IT-Berufen und Elektroberufen, wo IKT-Systeme mit ihren extrem kurzen Innovationszyklen ein wichtiger bzw. zentraler Gegenstand und Inhalt der Ausbildung sind.

1.2.4 Digitalisierung berufsrelevanter Informations-Objekte

Ein weiterer Argumentationsstrang in Richtung vernetzter IKT-Systeme als zunehmend unverzichtbare Werkzeuge der AvL ergibt sich, wenn man die in den in Unterkapitel 1.1 angedeuteten Handlungsfeldern und Prozessen der Lehreraarbeit relevanten Informations-Objekte betrachtet. Deren Kategorien und Funktionen haben sich im Laufe der letzten Jahrzehnte kaum gewandelt. Unverändert gibt es Lehrpläne, die den Rahmen der Lehr-/Lernarrangements abstecken. Es gibt Lehr- und Lernmedien, Klassenarbeiten, Übungsaufgaben, Selbstlernmaterialien, Notenlisten, Zeugnisse sowie Formulare für alle erdenklichen Fälle des schulischen Alltags. Auch die grundsätzliche Zielrichtung der mit diesen Informations-Objekten zu vollziehenden Operationen hat sich nicht grundlegend geändert. Informations-Objekte müssen erzeugt oder beschafft und ggf. verändert, geeignet abgelegt, vervielfältigt, verteilt oder präsentiert werden.

Erhebliche Veränderungen hat es jedoch in der physikalischen Repräsentanz der Informations-Objekte und damit verbunden bei den zur Nutzung notwendigen Arbeitsmitteln gegeben. Dies soll im Folgenden mit einer Reihe von Beispielen aus dem Alltagsge-

schäft von Lehrkräften belegt werden, wobei sich die Darstellung an den in Abb. 1 genannten Handlungsfeldern orientiert. Die Beispiele zeigen alternative IKT-basierte Vollzugsmöglichkeiten typischer Arbeitsprozesse, die ihre tradierten Vorgänger zunehmend und in letzter Konsequenz möglicherweise vollständig ersetzen werden und damit IKT-Systeme als Arbeitsmittel der Lehrkräfte unverzichtbar machen.

Greift man zunächst das weite Arbeitsfeld der Planung und Vorbereitung von Lehr-/Lernarrangements auf, so steht in einem vielleicht neuen Bildungsgang am Anfang die perspektivische Befassung mit dem hierfür gültigen Lehrplan, der zu beschaffen ist. Alternativ zu den vielfach an Schulen noch vorzufindenden Lehrplanverwaltern, die eine Kopiervorlage in Papierform zur Verfügung stellen, lässt sich heute fast jeder Lehrplan über das Internet beschaffen. Die Landesbildungsserver sind hier die erste Adresse. Nach einem vollzogenen Download eines Lehrplans bietet sich im Weiteren die Alternative, es bei einer im Computer gespeicherten Kopie zu belassen oder diese durch Ausdruck in die vielleicht vertrautere Papierform zu überführen.

Zur Erstellung von Lehr- und Lernmedien ist es für Lehrkräfte häufig erforderlich, zunächst geeignete Informationen zu einem Thema zu beschaffen. Schul- und Fachbücher stellen vielfach geeignete Informationen bereit. Ergänzend und in Hinblick auf den Abruf aktueller Informationen mit einigen Vorteilen versehen, ist die Internet-Recherche eine zunehmend wichtige Art der Informationsbeschaffung. Das Bild einer ggf. benötigten ASCII-Tabelle oder eines historischen Rechenschiebers lässt sich in wenigen Sekunden aus dem Internet abrufen. Nicht selten dienen die beschafften Informationen z. B. zur Erstellung eines Schaubildes, das präsentiert oder zur Gestaltung eines Informationsblattes, das den Lernenden zur Verfügung gestellt werden soll. Hier würden die *Traditionalisten* unter den Lehrkräften möglicherweise die Medienbrüche durch Ausdruck der im Internet beschafften Informationen beseitigen und diese zusammen mit Kopien relevanter Schul- oder Fachbuchseiten schließlich mit Schere und Klebstoff bearbeiten. Alternativ können solche Medienbrüche heute auch durch Digitalisierung relevanter Passagen der in Papierform vorliegenden Informations-Objekte beseitigt werden, um in der Folge dann auch das *Schneiden* und *Kleben* mit geeigneten Software-Anwendungen zu bewerkstelligen.

Zur Durchführung von Lehr-/Lernarrangements ist das häufig am heimischen Schreibtisch erstellte Lehr- oder Lernmedium oder z. B. auch die Klassenarbeit an den Einsatz-

ort zu transportieren. Für Traditionalisten bedeutet dies, ein Stück Papier in die Schule zu tragen. Zum Verteilen an die Lernenden dient es dort als Kopiervorlage für das Kopiergerät. Zur Präsentation kann eine Kopie auf eine Folie erfolgen, die dann mittels Overhead-Projektor zur Anzeige gebracht wird, ein Epidiaskop kommt heute kaum noch zum Einsatz.

Alternativ sind digitale Objekte bzw. Dateien in die Schule zu schaffen. Diese kann man auf eine Diskette, Compact Disk oder einen USB-Stick übertragen, man kann sie auch mitsamt einem beherbergenden tragbaren Computer in die Schule bringen, sie sich selbst per E-Mail schicken und in der Schule wieder abrufen oder gar per VPN-Verbindung direkt auf den Schulserver übertragen. Zum Verteilen oder Präsentieren stehen nach Ausdruck der Datei natürlich die traditionellen Wege offen. Nach Maßgabe der IKT-Ausstattung der Schule kann die Datei jedoch auch direkt mit einem Beamer präsentiert, als Datei oder deren im Klassenraum gefertigten Ausdruck an die Lernenden verteilt werden usw. Die digitale Variante des Informations-Objektes zeigt insbesondere auch in der Wiederverwendung durch Fortschreibung und Veränderung erhebliche Vorteile.

Zur Evaluation ist es in der Regel erforderlich, den Lernfortschritt z. B. im Rahmen von Klassenarbeiten zu überprüfen. Traditionell wird hier von der Lehrkraft ein Aufgabenblatt angefertigt, das dann von den Lernenden zu bearbeiten ist. Die Arbeitsergebnisse der Lernenden werden am Ende der Stunde eingesammelt und in der Regel am heimischen Schreibtisch ausgewertet. Eine erste digitale Alternative bietet sich im Zuge der Auswertung und Ergebniszusammenstellung. Anstelle von Taschenrechner und Notenbuch kann eine Tabellenkalkulationssoftware eingesetzt werden, die das Ergebnis der Klassenarbeit dann in Form eines digitalen Objektes speichert⁵. Ist der zu evaluierende Inhalt im Bereich der Gestaltung oder Anwendung von IKT-Systemen angesiedelt, wie z. B. das Erzeugen eines Rechenblattes, das Anlegen einer Datenbank, das Erstellen eines Serienbriefes oder auch die Programmierung eines spezifischen Softwaremoduls im Fach Informatik, so sind damit häufig weit reichende und alternativlose Wandlungen

⁵ Auf die in diesem Zusammenhang relevanten datenschutzrechtlichen Implikationen der Speicherung personenbezogener Schülerdaten auf den IKT-Systemen von Lehrkräften soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

gegenüber tradierten Formen verbunden. Vielfach sind als Klassenarbeit oder Teil dieser digitale Objekte vorzubereiten, die dann im Zuge der Durchführung von den Lernenden zu benutzen, zu verändern oder weiter zu entwickeln sind. In der Folge sind dann auch die Arbeitsergebnisse der Lernenden häufig digitale Objekte, die von der Lehrkraft dann z. B. mittels IKT-Systemen in ihrer Funktion zu überprüfen, zu bewerten und schließlich in digitaler Weise zu archivieren sind.

Alternativlos neue Formen der Vorbereitung, Durchführung und Evaluation von Lehr-/Lernarrangements sind für Lehrkräfte mit einem verstärkten Einsatz von ggf. auch selbst gestalteten E-Learning-Sequenzen verbunden, denen, wie bereits angeführt, ein erhebliches Potenzial zur Individualisierung und Förderung der Selbststeuerung von Lernprozessen beigemessen wird. Hier sind die zum Einsatz kommenden Informations-Objekte notwendigerweise digital. Im Zusammenhang mit E-Learning-Angeboten sind auch neue Formen der Evaluation von Lernprozessen möglich: Hier finden sich, ohne deren Reichweite werten zu wollen, in Lernangebote integrierte programmierte Übungseinheiten zur Selbstkontrolle durch die Lernenden wie zur Fremdkontrolle durch Lehrkräfte, deren Auswertung zum Teil automatisiert vorgenommen wird. Die Lehrkraft hat hier i. d. R. die Möglichkeit, eine statistisch aufbereitete Ergebnisübersicht der Lernenden als digitales Objekt abzurufen.

Weitere Informations-Objekte, in denen sich mit IKT-Systemen verbundene digitale Alternativen eröffnen, sind durch Lehr- und Lernmedien wie Fotos, Filme und auch Tondokumente gegeben. Traditionell ist jede dieser Gattungen durch ein in den meisten Lehrerzimmern noch vorzufindendes eigenes technisches System repräsentiert. Für die Fotos gibt es den Dia-Projektor, Tondokumente werden zumeist mit einem Gerät für analoge Kompaktkassetten aufgezeichnet bzw. abgespielt und für Filme stehen in der Regel aus VHS-Videogerät und Fernseher bestehende Abspieleinheiten zu Verfügung, während Super-8-Filme kaum noch zum Einsatz kommen. Die digitale Alternative benötigt ein mit Mikrofon, Lautsprechern, einer Webcam sowie einem Beamer ausgerüstetes Computer-System und dazu passende Software-Anwendungen. Mit dieser lassen sich Fotos, Filme und auch Tondokumente in der Art digitaler Objekte zeigen bzw. vorführen und auch erstellen und verändern. Selbst handelsübliche Mobiltelefone können viele derartige Operationen bereits mit durchaus passabler Qualität bewerkstelligen. Die so erstellten digitalen Informations-Objekte fügen sich ohne Medienbruch in die *großen* IKT-Systeme ein.

Auch ein Blick auf die Administration von Klassen bzw. Bildungsgängen lässt digitale Alternativen erkennen. Ein jede Lehrkraft betreffender Teilbereich ist mit der notwendigen Administration der Stamm- und Zeugnisdaten der Lernenden gegeben, wobei die hier anzuwendenden Verfahrensweisen der Lehrkräfte sich in der Regel einheitlich an den Vorgaben der Schulleitungen und Ministerien orientieren. Entscheidet diese sich beispielsweise für ein System wie *WinSchool*, so wird das Stammbblatt des Lernenden durch einen Datensatz ersetzt, den z. B. die Lehrkraft mittels eigens dafür gefertigter Masken in eine Datenbank eingeben muss. Gleiches gilt für die jeweiligen Zeugnisdaten. Das System druckt dann derzeit noch zu unterschreibende Zeugnisse direkt aus. Im Gegensatz zum Stammbblatt zeigt sich die Papierversion des Klassenbuches bzw. der Klassenakte noch recht beharrlich gegenüber einer Digitalisierung. Dies wohl auch, weil der hierfür erforderliche Bestand an vernetzten IKT-Systemen die aktuellen Möglichkeiten der Schulen noch übersteigt.

Die Besonderheit der Dualität der Ausbildungsorte und -zuständigkeiten im dualen System der Berufsausbildung erfordert stetige Abstimmungs- und Kooperationsprozesse der zuständigen Partner Berufsschule und Betriebe, die unter dem Begriff *Lernortkooperation* zusammengefasst werden. Im Rahmen von Lernortkooperationen und den auf unterschiedlichsten anderen Ebenen notwendigen Kommunikations- und Kooperationsprozessen von Lehrkräften untereinander wie mit Auszubildenden und Eltern ermöglicht der Einsatz von IKT-Systemen alternative wie auch neuartige Verfahrensweisen⁶. Die Kommunikation und Kooperation mittels Briefpost, Fax und herkömmlichem Telefon ist heute durch E-Mail, Diskussionsforen, Chat, die Bildtelefonie übers Internet erweiterbar und ersetzbar. Neue Formen sind das netzgestützte gemeinsame Arbeiten an digitalen Objekten, z. B. mit Weblogs oder Wikis. Mit geeigneter Software gerinnt jede Facette der IKT-basierten Kommunikation und Kooperation zum digitalen Informations-Objekt.

Neben informellen und eher bedarfsorientierten Formen der Fort- und Weiterbildung, die Lehrkräfte weitgehend selbst gesteuert und wie geschildert vielfach unter Zuhilfenahme des Internets ausführen, gibt es den Bereich der formellen Fort- und Weiterbil-

⁶ Derartigen Nutzung- und Anwendungsszenarien ist mit CSCW (Computer Supported Cooperative Work) ein eigener Forschungsbereich gewidmet.

derung von Lehrkräften. Und auch hier gibt es gerade im Rahmen von Modellversuchen der Bund-Länder-Kommission Bestrebungen, im Rahmen von E-Learning- bzw. Blended-Learning-Arrangements netzbasiert abrufbare digitale Informations-Objekte zu nutzen und als Alternative zu ausschließlich auf Präsenzveranstaltungen setzende Fort- und Weiterbildungskonzeptionen zu etablieren. Exemplarisch sei hier auf den Modellversuch *Netzbasierte Lehr- und Lernkonzepte* (Nebal) verwiesen (vgl. PETERSEN / SCHMIECH / DÄHNHARDT u. a. 2004).

Im Rahmen einer eingehenderen Betrachtung könnten weitere Beispiele digitaler Alternativen, wie z. B. das Smartboard als Tafelersatz, angeführt werden. Aber auch mit den genannten Beispielen wird schon deutlich, dass die meisten Arten der für Lehrkräfte bedeutsamen Informations-Objekte bereits in digitalen Varianten verfügbar sind. Auf der einen Seite können diese dann in einheitlicher Weise digital gespeicherten Informations-Objekte viele andere technische Varianten von Informationsträgern wie Bücher, Zeitschriften, Kopien, OHP-Folien, Video- oder Audio-Kassetten, Dias usw. samt des technischen Instrumentariums zur Erstellung und Nutzung dieser ersetzen. Auf der anderen Seite wird das zur Nutzung digitaler Objekte notwendige IKT-System dann zu einem zentralen und hochgradig unverzichtbaren Arbeitsmittel von Lehrkräften.

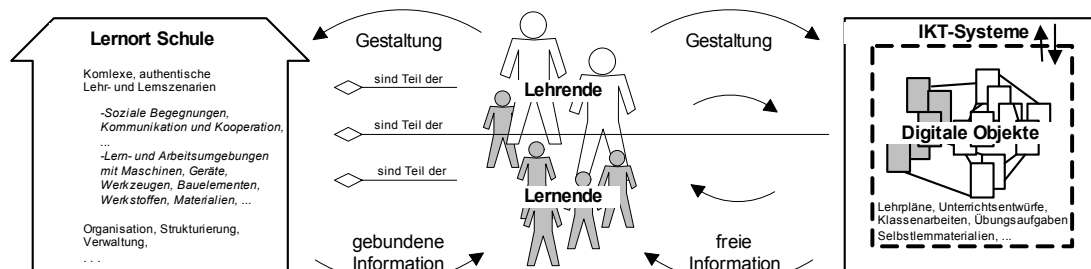


Abb. 5: Lehrkräfte und digitale Objekte

In letzter Konsequenz liegen für Lehrkräfte berufsrelevante Informations-Objekte als digitale Objekte vor und können nur mittelbar über geeignete IKT-Systeme gestaltet, organisiert und genutzt werden (vgl. Abb. 5).

Zusammenfassende Hypothesen

- H 1: Die steigende Komplexität und Dynamik vieler beruflicher Prozesse schließt auch die Arbeit von Lehrkräften ein. Die Menge der zur erfolgreichen Ausübung der Arbeit von Lehrkräften notwendigen wie relevanten Informationen nimmt zu.

- H 2: IKT-Systeme haben bereits heute in der Arbeit von Lehrkräften an beruflichen Schulen eine große Bedeutung und weit reichende Einsatzfelder. Sie werden zunehmend zu einem zentralen und unverzichtbaren Werkzeug bzw. Arbeitsmittel, das zum Teil veränderte und neue Formen des Arbeitsvollzuges erfordert und ermöglicht.
- H 3: Verbunden mit dem zunehmenden Informationsbedarf wie dem fortschreitenden Einsatz von IKT-Systemen in der Arbeit von Lehrkräften ist eine wachsende Anzahl digitaler Objekte, die es geeignet zu organisieren gilt. Arbeitsrelevante Informations-Objekte liegen zunehmend auch oder nur als digitale Objekte vor.

1.3 Lehrkräfte und die Organisation digitaler Objekte

Die wachsende Fülle an insgesamt verfügbaren Informationen wie eine zunehmende Informationsabhängigkeit machen auch im Bereich der Arbeit von Lehrkräften ein verschiedene Maßnahmenbereiche umfassendes Management von Informationen zunehmend erforderlich. Die effiziente Organisation digitaler Objekte ist ein diesem Management zuzurechnender Teilbereich, dem aufgrund des bereits beschriebenen forciereten IKT-Einsatzes in der Arbeit von Lehrkräften und der damit verbundenen Digitalisierung berufsrelevanter Informations-Objekte eine große Bedeutung zuzumessen ist. Die bereits geschilderte Entwicklung lässt erwarten, dass die auch heute schon nicht unbedeutliche Anzahl der bedeutsamen wie zur Bewältigung der täglichen Arbeit der Lehrkräfte notwendigen digitalen Objekte weiter zunimmt und deren effiziente Organisation zu einer zunehmend unverzichtbaren Basisqualifikation wird.

1.3.1 Anforderungen an die Organisation digitaler Objekte

Digitale Objekte sollen Menschen in der Bewältigung alltäglicher Aufgaben unterstützen, indem sie subjekt- und problemspezifische Wissenskonstruktionen ermöglichen. Daraus lässt sich eine erste und sehr allgemeine Anforderung an die Organisation digitaler Objekte ableiten: Idealtypisch sollen die von einer Lehrkraft individuell benötigten digitalen Objekte orts- und zeitflexibel in optimal nutzbarer Weise verfügbar sein.

Eine Voraussetzung für eine derartige optimale Bereitstellung jeweils geeigneter digitaler Objekte ist deren Existenz. Diese ist aus Sicht einer Lehrkraft aber häufig nicht gegeben, beispielsweise für den zunehmend wichtigen Bereich der E-Learning-Inhalte. Gründe hierfür liegen in dem erheblichen Aufwand, der von Lehrkräften zur Gestaltung didaktisch hochwertiger digitaler Objekte insgesamt wie insbesondere der genannten Gattung geleistet werden muss (vgl. KERRES 2001, S. 117 ff.). Zudem werden viele von Lehrkräften erstellte digitale Objekte nur exklusiv von den Erstellern genutzt und nicht öffentlich verfügbar gemacht, obwohl deren Nutzung auch für die Arbeit zahlreicher weiterer Lehrkräfte hilfreich wäre. Bezogen auf die Organisation digitaler Objekte lässt sich hieraus die Anforderung ableiten, dass diese neben einer effizienten individuellen Organisation auch kooperative Ansätze des gegenseitigen Nutzens von Objekten ermöglichen und begünstigen sollte. Dabei ist zu beachten, dass ein für alle verbindliches, vollständig normiertes Organisationssystem aus konstruktivistischer Perspektive wie aller Erfahrung nach den im Allgemeinen unterschiedlichen individuellen Anforderungen kaum optimal entsprechen kann. Zu präferieren sind daher solche Konzepte, die eine Koexistenz oder besser Synergie individueller wie kollektiver Organisationsansätze, z. B. in der Art unterschiedlicher Ebenen der Verbindlichkeit, ermöglichen.

Der zentrale Bezugspunkt zur Ableitung von Anforderungen an die Organisation digitaler Objekte ist die Arbeit von Lehrkräften. Deren genuine Bezugswissenschaft ist die Didaktik, in der die Befassung mit unterschiedlichen Formen der Kategorisierung, Strukturierung und Phasierung von Zielen, Inhalten, Methoden und Medien auf curriculärer wie methodisch-didaktischer Ebene eine zentrale Rolle spielt. So gilt beispielsweise die im Zuge der Einführung lernfeldstrukturierter Rahmenlehrpläne begonnene didaktische Diskussion unter anderem der Frage, wie die mit der verstärkten Arbeitsorientierung der dualen Berufsausbildung eng verbundene prozess- und handlungssystematische Strukturierung beruflicher Bildungsprozesse in geeigneter Weise mit der traditionellen Fachsystematik beruflicher Bezugswissenschaften wie z. B. den Ingenieurwissenschaften zu verbinden bzw. zu verschränken sei (vgl. z. B. KMK-Handreichungen 2000, S. 10, GERDS 2001, HÄGELE / KNUTZEN 2002, PETERSEN 2002, PETERSEN 2005, RAUNER 2005). Weitere den Berufsalltag von Lehrkräften bestimmende Ordnungsdimensionen sind durch bildungs- und schulorganisatorische Strukturierungen wie Schularten, Berufe, Klassenstufen, Klassen oder auch durch allgemein relevante Klassifikati-

onsmerkmale wie die Differenzierung privater und öffentlich verfügbarer wie selbst und fremd erstellter digitaler Objekte gegeben.

Die Arbeit von Lehrkräften vollzieht sich in Handlungskontexten wie der Erstellung einer Perspektivplanung für eine Klasse, der Vorbereitung eines Projektes, der Erarbeitung eines neuen Themengebietes zur eigenen Weiterbildung, der Administration einer Klasse, der Erstellung von Selbstlernmaterialien für Schülerinnen und Schüler usw., in denen einmal der einen und einmal der anderen der genannten didaktischen wie weiteren Strukturierungen und Systematiken eine besondere Bedeutung zukommt. Eine nahe liegende Vermutung ist, dass die Organisation digitaler Objekte insbesondere dann die Arbeit von Lehrkräften besonders effizient unterstützt, wenn sie die Objekte in darauf abgestimmter Ordnung darbietet. Das heißt, dass unterschiedliche Handlungskontexte unterschiedliche Ordnungsdimensionen digitaler Objekte erfordern: Arbeitet sich eine Lehrkraft beispielsweise zur eigenen Fort- und Weiterbildung in ein neues Themengebiet ein, so sind auch inhaltlich auf universitärem Niveau angesiedelte Objekte in fachsystematischer Strukturierung sehr hilfreich, während möglicherweise für die Planung und Durchführung eines arbeitsprozessorientierten Lehr-/Lernarrangements eher prozessorientierte Strukturierungen und kognitiv weniger anspruchsvolle Objekte zur Anwendung kommen. Konkret führt dies zu zwei weiteren grundlegenden Anforderungen an die Organisation digitaler Objekte:

- Digitale Objekte müssen im Kontext unterschiedlicher Ordnungssysteme und damit mehrdimensional organisiert werden können.
- Es müssen unterschiedliche Perspektiven bzw. Sichten auf digitale Objekte möglich sein, um die jeweils relevanten Ordnungsdimensionen und Objekte hervortreten zu lassen⁷.

Ein weiterer Aspekt, der diese Forderungen unterstreicht, ergibt sich, wenn man die bisher geübte Blickrichtung wechselt und ein digitales Objekt in den Mittelpunkt rückt. Das durch eine mehrdimensionale Verortung digitaler Objekte gebildete semantische

⁷ Auch herkömmliche Dateimanager und auch E-Mail-Programme wie Outlook ermöglichen in eingeschränkter Weise unterschiedliche Sichten (Name, Dateigröße usw. bzw. Eingangsdatum, Absender, Vorhandensein eines Anhangs usw.), indem die Sortierkriterien der Anzeige der Objekte geändert werden kann. Wenigstens Gleiches wäre im Rahmen didaktisch relevanter Ordnungsmerkmale wünschenswert.

Netz ermöglicht das explorative und navigierende Auffinden weiterer ggf. relevanter Objekte, indem ausgehend von dem betrachteten Objekt beispielsweise thematisch allgemeinere oder speziellere oder in anderen Relationen hierzu stehende Objekte über Verknüpfungen unmittelbar angesteuert werden können. Eine besondere Bedeutung hat dies auch vor dem Hintergrund, dass Lehrkräften im Zuge der Individualisierung und zunehmenden Selbststeuerung von Lernprozessen verstärkt die Aufgabe zukommt, digitale Selbstlernmaterialien für Lernende selbst zu gestalten. Derartige Materialien werden heute vielfach als Ensemble einer Vielzahl digitaler Objekte konstruiert, die unter Berücksichtigung didaktischer Kriterien hypermedial vernetzt werden. Hier wäre es hilfreich, wenn sich das Arrangieren der Objekte als *natürliche* Funktion des allgemein verwendeten Systems zur Organisation der digitalen Objekte erweist.

Aus den dargestellten Zusammenhängen lassen sich folgende zusammenfassende Hypothesen ableiten:

- H 4: Eine aus Sicht von Lehrkräften optimale Organisation digitaler Objekte muss ein effizientes, gegenseitiges Nutzen dieser ermöglichen, um so die Verfügbarkeit jeweils geeigneter digitaler Objekte zu verbessern.
- H 5: Eine aus Sicht von Lehrkräften optimale Organisation muss eine mehrdimensionale Verortung digitaler Objekte unter besonderer Berücksichtigung didaktisch relevanter Dimensionen ermöglichen und bezogen auf diese Ordnungsdimensionen unterschiedliche Perspektiven bzw. Sichten auf digitale Objekte erlauben, um jeweils relevante Ordnungsdimensionen und Objekte hervortreten zu lassen und das navigierende, explorative Auffinden digitaler Objekte unter Ausnutzung des durch die unterschiedlichen Ordnungsdimensionen gegebenen semantischen Netzes ermöglichen.

1.3.2 Kompetenzen zur Organisation digitaler Objekte

Die Organisation von tradierten, nicht digitalen Informations-Objekten ist ein Thema, das im Allgemeinen wie in der Ausbildung von Lehrkräften häufig keine spezielle Beachtung findet. Vielmehr scheint es eine Art alternativloses Ordnungsschema zu geben, das spätestens mit Beginn der Grundschulzeit angelegt und je nach Bedarf ausgebaut und verfeinert wird. Dort lernt man in der Regel, Informations-Objekte nach Unterrichtsfächern und innerhalb dieser nach Themen und in einer Abfolge, die dem

Fortgang des Unterrichtes entspricht, zu ordnen. Es werden z. B. Hefter und mit zunehmender Menge der Informations-Objekte auch Ordner angelegt, die dann themenabhängig in bestimmte Regalabschnitte gestellt werden. Zahlreiche Gespräche haben ergeben, dass viele Lehrkräfte im Kern ebenso vorgehen, um ihre berufsrelevanten Informations-Objekte zu organisieren und dieses Vorgehen als weitgehend alternativlos ansehen. Gleichzeitig wird es selten als zufrieden stellend oder gar optimal angesehen, da ein in unterschiedlichen Handlungskontexten benötigtes Objekt nur in Bezug zu einem dieser Kontexte abgelegt werden kann.

Auch die Organisation digitaler Objekte bzw. Dateien ist ein Thema, das in der Ausbildung von Lehrkräften kaum spezielle Beachtung findet. Ein Grund hierfür ist sicherlich, dass die Organisation digitaler Objekte nach dem schnell zu bewerkstelligenden Erlernen grundlegender Verfahrensweisen nahezu unmittelbar gelingt, da zentrale aus der Organisation nicht digitaler Informations-Objekte bekannte Konzepte hier eine virtuelle Entsprechung finden: Man arbeitet auf dem *Desktop*, nutzt *Dokumente* und organisiert diese in *Ordner* und wirft sie gelegentlich auch in den virtuellen *Papierkorb*. Verbunden damit sind auch die zur Organisation digitaler Objekte angewandten Verfahrensweisen dann ähnlich denen, die man im Umgang mit nicht digitalen Informations-Objekten kennt. Und es gibt einige zusätzliche Möglichkeiten, die das Ganze im ersten Augenblick geradezu ideal erscheinen lassen. In einem Dateisystem nach ISO 9660 sind 8 Ordner Ebenen zulässig, während sich die klassische Organisation auf vielleicht zwei bis drei Ebenen (z. B. Hefter, Ordner, Regalbereiche) zu beschränken hat. Zudem kann jeder Ordner im Prinzip beliebig viele Unterordner mit einer im Prinzip nicht begrenzten Menge an digitalen Objekten aufnehmen, wobei die Beschaffung neuer Ordner wie auch das Kopieren von Objekten mit einem Tastendruck möglich ist.

Die exemplarische Analyse derartig angelegter Organisationssysteme führt zu der Hypothese, dass die Übernahme tradierter Verfahrensweisen in Kombination mit den eben genannten neuen Möglichkeiten zu hoch komplexen und kaum überschaubaren Organisationsstrukturen führt, die sich in ihrem Wachstum an Einzelfällen und nicht an übergeordneten Prinzipien orientieren.

- Konkret ist es in der Regel leichter, sich einen neuen digitalen Ordner zu beschaffen, als nach einem möglicherweise passenden vorhandenen Ordner zu suchen.

- Werden in einem spezifischen neuen Arbeitskontext bestimmte digitale Objekte benötigt, die in unterschiedlichen Ordnern abgelegt sind, so ist der einfachste und schnellste Weg der Zusammenführung das Anlegen eines neuen Ordners und das Ablegen entsprechender Kopien der benötigten Objekte.

Einem digitalen Ordner ist nicht unmittelbar anzusehen, welche Mengen digitaler Objekte und weiterer Ordner sich in ihm finden. Dem gegenüber finden sich im tradierten System gut einzuschätzende enge physikalische Grenzen von Heftern, Ordnern und Regalen, die der Orientierung dienen und zur Abschätzung des nicht unmittelbar Sichtbaren sehr hilfreich sind.

Bis zu einer gewissen Komplexität sind verzeichnisbasierte Organisationsansätze noch überschaubar und durchaus effizient, zumal im Zweifelsfall auf maschinelle Suchfunktionen zurück gegriffen werden kann. Mit dem Anwachsen der Menge der verfügbaren wie benötigten digitalen Objekte wird ein derartiges Vorgehen jedoch zunehmend ineffizienter. Zudem verschwimmen im Zuge stärkerer Verflechtungen und Vernetzungen von Geschäfts- und Arbeitsprozessen tradierte Grenzen von Fachbereichen und auch Anwendungsbereichen, was das Ableiten eindeutiger Organisationskriterien erschwert. Im Ergebnis liegt der Schluss nahe, dass viele derzeit noch latent oder in ersten Erscheinungen vorhandene Probleme der Organisation digitaler Objekte mit einer weiter steigenden Zahl von Objekten größer werden. Wohl aus diesem Grunde sind verfügbare alternative Konzepte zur Organisation digitaler Objekte, z. B. in Kontexten und mit Systemen des Informations- und Wissensmanagements, vornehmlich in größeren Unternehmen mit starker IKT-Durchdringung der Geschäftsprozesse und einer damit verbundenen Vielzahl relevanter digitaler Objekte und seltener im Kreise privater wie semiprofessioneller IKT-Anwender zu finden.

Für den Bereich der Schulentwicklung gilt, dass Konzepte des Informations- und Wissensmanagements wie damit verbunden auch Fragen der Organisation digitaler Objekte erst in den letzten Jahren an Bedeutung in der Diskussion gewonnen haben (vgl. BREITER 2001, 2002) und zu einigen Modellversuchen unter anderem im Rahmen des BLK-Programms *Innovative Fortbildung der Lehrer an beruflichen Schulen (innovelle-bs)* geführt haben (vgl. IQSH 2005). Blendet man den unmittelbar unterrichtsbezogenen und häufig individualisiert betriebenen IKT-Einsatz von Lehrkräften aus, so ist die IKT-Nutzung an Schulen gemessen an der Bedeutung von Informationen für schulische

Prozesse entwicklungsbedürftig. Größere Unternehmungen wie auch öffentliche Verwaltungen unterhalten häufig spezielle Abteilungen, die im Laufe der Zeit auf die speziellen Aufgaben abgestellte IKT-Lösungen entwickeln, die Mitarbeiter/-innen entsprechend qualifizieren und Strukturen bieten, die Novizen Orientierung und Unterstützung liefern. In Schulen hingegen konzentrieren sich die Aktivitäten, oft auch aufgrund fehlender Mittel seitens des Schulträgers, auf die übergeordnete IKT-basierte Verwaltung von Schülerstammdaten und Zeugnisnoten wie auch auf die Ausstattung der Klassenräume mit PCs, weniger bis gar nicht jedoch auf die sich traditionell und auch organisationsbedingt eher individuell und in Einzelarbeit vollziehende Arbeit von Lehrkräften (BREITER 2002, S. 9 ff.).

Eigene Erfahrungen in der Tätigkeit als Lehrer wie Alltagserfahrungen, die aus teilnehmender Beobachtung und im Kreise von Lehrkräften durchgeführten Befragungen gewonnen wurden, führen zu der Hypothese, dass eine effiziente Nutzung digitaler Objekte schon heute vielfach nicht gegeben ist, erhebliche Potenziale ungenutzt bleiben und die Organisation und Strukturierung digitaler Objekte nicht selten Schwierigkeiten bereitet. Für Lehrkräfte unmittelbar nutzbare Lösungen zur effizienten Organisation digitaler Objekte sind nicht verfügbar. Fehlende Unterstützung und ein diesbezüglich insgesamt noch nicht ausgeprägt entwickeltes Problembewusstsein münden häufig in eine unreflektierte Übernahme tradierter Konzepte und Verfahrensweisen zur Organisation digitaler Objekte. Im Ergebnis finden sich Verfahrensweisen der Datenverarbeitung, die das IKT-System im Kern nur zur Aufbewahrung digitaler Objekte nutzen, die Möglichkeiten der maschinellen Informationsverarbeitung zur Organisation digitaler Objekte aber weitgehend ungenutzt lassen.

1.3.3 Arbeitsmittel

Verbunden mit einem oft autodidaktischen Kompetenzerwerb im Bereich der Organisation digitaler Objekte ist häufig auch die Verwendung nicht optimaler Arbeitsmittel zur Bewerkstelligung dieser Aufgabe. Die Arbeitsmittel sind, wie bereits dargelegt wurde, durch die eingesetzten IKT-Anwendungen bestimmt, wobei die Organisation digitaler Objekte eine alle Anwendungen gleichermaßen betreffende übergeordnete Notwendigkeit darstellt, die somit sinnvoll auf der Ebene eines Betriebssystems angesiedelt werden kann. Eine etwas genauere Betrachtung zeigt jedoch, dass die von den Eigenheiten der physikalischen Datenhaltung geprägten Dateiverwaltungsmechanismen üblicher

Betriebssysteme wie *Windows* oder *Linux* den in Abschnitt 1.3.1 formulierten Anforderungen derzeit noch nicht entsprechen. Daher finden sich in Firmen mit einer professionellen IKT-Nutzung ergänzende datenbankgestützte Systeme des Dokumenten- und Informationsmanagements, die eine der Logik der Geschäfts- und Arbeitsprozesse angepasste Organisation digitaler Objekte ermöglichen.

Beobachtungen folgend wird die Organisationspraxis tätiger Lehrkräfte durch den Einsatz des Betriebssystems *Windows* mit seinen begrenzten Möglichkeiten der Dateiverwaltung dominiert. Dieses Arbeitsmittel begrenzt den Raum möglicher Verfahrensweisen und erzwingt ein nicht optimales Vorgehen. So soll beispielsweise eine semantisch geprägte und durch Metadaten unterstützte Verwaltung digitaler Objekte erst mit der für 2006 angekündigten Version möglich sein, obwohl diese Technik in Anwendungen des Dokumenten-, Informations- und Wissensmanagements schon seit vielen Jahren zum Standard gehört. Und auch dann muss sich noch zeigen, ob derartige Verbesserungen entgegen erlernter und langjährig geübter Verfahrensweisen der Nutzer Annahme finden⁸. Aus der Wahl unzureichender Arbeitsmittel resultierende typische Problemfälle in der Organisation digitaler Objekte sind unter anderem folgende:

Mit Hilfe eines hierarchisch gliederbaren Ordner- bzw. Verzeichnissystems kann die Speicherung digitaler Objekte strukturiert werden. In der Praxis bereitet sowohl das Anlegen einer geeigneten Ordnerstruktur wie schließlich die Auswahl eines geeigneten Ordners zur Ablage digitaler Objekte zum Teil erhebliche Probleme, wenn ein digitales Objekt in unterschiedlichen Kontexten bedeutsam ist: Es kann z. B. zu einem Unterrichtsprojekt gehören, in bestimmten Klassen eingesetzt werden wie auch einem fachsystematischen Themenkomplex zugeordnet sein. Die in der Berufspraxis von Lehrkräften sinnvolle mehrdimensionale Verortung digitaler Objekte lässt sich nicht auf ein eindimensionales Ordnersystem abbilden. Wird ein Objekt nicht am angenommenen Ablageort gefunden, so hilft die Suchfunktion des Betriebssystems. Diese beschränkt sich jedoch auf einen Mustervergleich und blendet didaktisch relevante Kriterien aus, die Relevanz von Suchergebnissen erschließt sich erst nach einer inhaltlichen Sichtung der gefundenen Objekte.

⁸ So werden beispielsweise die seit einigen Jahren verfügbaren Dateiverknüpfungen nach meinen Erfahrungen kaum genutzt, obwohl sie durchaus gewisse Vorteile bieten.

In der Nutzung digitaler Objekte ist es wichtig, dass unterschiedliche Objekte vernetzt und zueinander in Bezug gebracht werden können. Dieses Vernetzen von Informationsquellen sollte beispielsweise keine Unterschiede zwischen Objekten, die auf dem lokalen System gespeichert sind und solchen, die lediglich als Verweis auf eine extern verfügbare Informationsquelle repräsentiert sind, machen. In der Praxis führen die oft mit Bordmitteln des Betriebssystems verwalteten *Lesezeichen* zu einer Art Parallelwelt mit einer weiteren eigens für die Organisation von Lesezeichen angelegten Ordnerstruktur. Eine weitere Parallelwelt liefert dann ggf. das Mail-Programm mit Ordnerstrukturen für die Verwaltung von Kontakten, Aufgaben, Terminen usw. Zudem werden aus Gründen der Datensicherung häufig selbst erstellte digitale Objekte von solchen separiert, die lediglich als lokale Kopien von im Internet verfügbaren Dokumenten vorliegen. In einem gedachten Kontext des Informationsbedarfs liefert ggf. nur die geeignete Kombination der derart separiert gespeicherten Objekte eine gewünschte Information.

Zahlreiche Internet-Portale, wie z. B. die Landesbildungsserver, bieten digitale Objekte für Lehrkräfte an. Eine umfassende Recherche unter Einbezug aller relevanten Portale ist jedoch nur unter erheblichem Zeitaufwand zu vollziehen. Eine übergeordnete Suchmaschine ist nicht verfügbar, neben vielgestaltigen Portaloberflächen erschweren unterschiedliche Arten der Organisation der digitalen Objekte eine effiziente Nutzung erheblich (vgl. UHLIG-SCHOENIAN 2002, S. 19). Der Problematik der Heterogenität der Informationszugänge hat sich auch das BiBB im Projekt *Kommunikations- und Informationssystem Berufliche Bildung (KiBB)* angenommen, welches unter anderem existierende Informationsangebote des BiBB umfassend vernetzen und in einer Weise restrukturieren will, die einen „Zugriff von einem gemeinsamen Punkt aus“ ermöglicht. Zur Einordnung der „Wissensressourcen“ wird eine Klassifizierung von Berufsbildungsthemen mit Hilfe von Wissenslandkarten angestrebt (vgl. BiBB 2003, vgl. KiBB-Website).

Zusammenfassende Hypothesen

- H 6: Die von Lehrkräften betriebene Organisation digitaler Objekte ist i. d. R. durch Konzepte und Verfahrensweisen geprägt, die tradierten Organisationsformen nicht digitaler Informations-Objekte entsprechen. Als Arbeitsmittel zur Organisation digitaler Objekte nutzen die meisten Lehrkräfte Betriebssystemfunk-

tionen zur physikalisch geprägten Organisation digitaler Objekte in eindimensional hierarchisch gegliederten Ordnerstrukturen.

- H 7: Die Unmöglichkeit, mehrdimensionale semantische Verortungen digitaler Objekte in systematischer Weise auf eindimensional hierarchisch gegliederte Ordnerstrukturen abzubilden sowie die Möglichkeit, Ordner dynamischer Kapazität in tief gestaffelten Ordnersystemen anzulegen, führt in der Praxis zu einer unsystematischen und mit jedem neuen Einzelfall wachsenden und damit zunehmend komplexen und undurchschaubaren Organisationsstruktur. Mit einer steigenden Anzahl zu organisierender digitaler Objekte beeinträchtigt dies Konsistenz und Gebrauchswert der gespeicherten Informationen.

1.3.4 Lösungsansätze

Die geschilderte Problematik der Organisation digitaler Objekte ist kein spezielles Phänomen der Tätigkeit von Lehrkräften und so hat auch die Suche nach Lösungsansätzen zunächst den Blick zu öffnen. Im Vorfeld durchgeführte Untersuchungen haben zwei auf der Ebene der formalen begrifflichen Explikation semantischer Bezüge angesiedelte und mit unterschiedlicher Perspektive versehene Technologie-Standards hervortreten lassen, die auf dem Wege der Begegnung der genannten Anforderungen eine wichtige Funktion übernehmen können und daher im Rahmen dieser Arbeit einer eingehenden Betrachtung unterzogen werden:

- Dem E-Learning-Sektor und hier dem Bereich der Lerntechnologien zuzuordnen ist der *Standard for Learning Object Metadata*. Dieser rückt als Lern-Objekte (*Learning Objects*) bezeichnete digitale Objekte ins Zentrum der Betrachtung und zielt primär auf ein an didaktischen Kriterien orientiertes Auffinden und Wiederverwenden einmal erstellter Lern-Objekte ab.
- Eher dem Sektor des Informations- und Wissensmanagements zuzuordnen ist der ISO-Standard *Topic Maps* (TM-Standard), der viele in den letzten Jahrzehnten diskutierte und erprobte Ansätze im Umfeld semantischer Netze bündelt.

Für beide Standards gilt, dass sich diese selbst unter Voraussetzung der Verfügbarkeit einsatzbereiter IKT-Systeme einer unmittelbaren Nutzung widersetzen, da beide Konzepte auf einem hohen Abstraktionsniveau angesiedelt sind. Dies eröffnet auf der einen Seite eine breite Anwendbarkeit. Es erfordert auf der anderen Seite jedoch erhebliche

Operationalisierungen, um zu einer praktischen Nutzung zu kommen. Diese Operationalisierungen haben sich an den spezifischen Anforderungen des in Aussicht genommenen Einsatzfeldes zu orientieren und können so als anwendungsfall- oder domänenspezifische Implementationen der Standards aufgefasst werden. Der LOM-Standard ist bereits explizit dem Bildungssektor zugeordnet, hier fehlen jedoch Bezüge zu landestypischen und berufsbildungsspezifischen Kategorien wie z. B. *Berufsfachschule*, *Ausbildungsberuf* oder *Lernfeld*. Der TM-Standard zeigt keinerlei Bezüge zu irgendeiner Anwendungsdomäne und erfordert entsprechend weit reichende Vorarbeiten zur Herstellung von Anwendbarkeit.

Eine solche auf spezifische Anforderungen Bezug nehmende begriffliche Operationalisierung wird im Kontext des Informations- und Wissensmanagements auch als Ontologie bezeichnet: „An ontology is a formal, explicit specification of a shared conceptualisation.“ (STUDER / BENJAMINS / FENSEL 1998, S. 25). Sie ist ein vereinfachtes, abstraktes Modell eines in einer bestimmten Zielsetzung relevanten Ausschnittes der Wirklichkeit, das in der Regel in einer formalen und damit mittels Computer auswertbaren Sprache abgefasst ist und einer möglichst von semantischen Interpretationsspielräumen befreiten Kommunikation innerhalb von Gemeinschaften wie auch unter Einbeziehung von Computern dient. Konkret bedarf es also einer auf die Anforderungen von Lehrkräften zugeschnittenen Ontologie zu effizienten individuellen wie kooperativen Organisation digitaler Objekte.

Zusammenfassende Hypothesen

- H 8: Mit Technologie-Standards wie *Learning Object Metadata* oder *Topic Maps* sind unterschiedliche Konzepte bzw. Ansätze verfügbar, die eine mehrdimensionale semantische Verortungen digitaler Objekte erlauben und eine effiziente individuelle wie auch kooperative Organisation digitaler Objekte ermöglichen.
- H 9: Unabhängig von praktisch verfügbaren Implementationen der genannten Standards bedürfen diese Operationalisierungen in der Art von Ontologien, die die spezifischen Bedarfe von Lehrkräften zur effizienten individuellen wie kooperativen Organisation digitaler Objekte berücksichtigen.

1.4 Anlage und Aufbau der Arbeit

1.4.1 Zielsetzung und Forschungsansatz

Die hohe Bedeutung von Informationen in der Arbeit von Lehrkräften wie der heute schon erhebliche Anteil digital vorliegender Informationen erfordern eine eingehende Auseinandersetzung mit Fragen der effizienten Organisation digitaler Objekte. Das BMBF formuliert in diesem Zusammenhang folgende mit „Vernetzung und Flexibilisierung“ überschriebenen infrastrukturellen Ziele im Umgang mit wissenschaftlichen Informationen, die im Prinzip unverändert auch für die Tätigkeit von Lehrkräften und als Leitmotiv dieser Arbeit gelten können:

„Die etablierten Informationsangebote müssen mit den Internetinformationen verknüpft werden. Notwendig sind übergreifende Portale und Plattformen, die Information, Wissensaustausch und neue Publikationsformen ermöglichen. Die neuen Informationsangebote müssen modulartig aufgebaut und flexibel sowohl in komplexe Wissensmanagementsysteme als auch in individuelle Lern- und Arbeitsumgebungen integrierbar sein. Die Informationsprodukte sollten langfristig so strukturiert sein, dass sie als Bausteine einer persönlichen, digitalen Wissensbibliothek dienen können. Sie bieten die Chance, den Kreis von Informationsangebot, Wissensgenerierung und dem Entstehen neuer Information zu schließen.“
(BMBF 2002a, S. 4).

Die hier angestrebte stärkere Vernetzung unterschiedlichster Informationsangebote wie deren Modularisierung und Flexibilisierung zur Herstellung einer Integrierbarkeit sowohl in komplexe Wissensmanagementsysteme wie auch in individuelle Lern- und Arbeitsumgebungen erfordert eine von Grund auf veränderte und insbesondere stärker vereinheitlichte Organisation von Informationen. Mit der vorliegenden Arbeit soll hierzu ein Beitrag geleistet werden, der sich im Besonderen der Arbeit von Lehrkräften annimmt. Übergeordnetes Ziel ist es, die Ausgangs- und Bedarfslage der Organisation digitaler Objekte in der Arbeit von Lehrkräften zu klären und Ansätze für ein effizienteres individuelles wie kooperatives Nutzen digitaler Objekte zu entwickeln, um damit die Verfügbarkeit relevanter Informationen zu verbessern.

Den Ausgangspunkt dieser Arbeit bildet ein implizites hypothetisches Vorwissen, das im Zuge mehrjähriger teilnehmender Beobachtung wie auch der gezielten Untersuchung

ausgewählter Zusammenhänge gewonnen wurde. Dieses an Einzelfällen orientierte Vorwissen wurde in den voran gegangenen Unterkapiteln dieser Arbeit einer hermeneutisch geprägten Aufarbeitung und Entfaltung unterzogen und in einem induktiven Ansatz zu einem Satz von Hypothesen weiter entwickelt. Zusammengefasst wird die These vertreten, dass es in der von Lehrkräften ausgeübten Organisation digitaler Objekte einen wachsenden Entwicklungsbedarf gibt und diesem Bedarf mit Hilfe geeignet gestalteter Organisations-Modelle begegnet werden kann. Einer deduktiven Forschungslogik folgend werden die erarbeiteten Hypothesen in der Art von Forschungsfragen operationalisiert und mittels empirisch angelegter Untersuchungen geprüft bzw. beantwortet. Hierzu werden im Rahmen einer Stichprobenuntersuchung standardisierte Befragungsinstrumente eingesetzt sowie quantitative Analyseverfahren zur Anwendung gebracht.

Verbunden mit Untersuchungen in Stichproben sind stets Fragen der Repräsentativität zu betrachten und insbesondere bei kleineren Stichproben ist zu klären, inwieweit einem deduktiven Ansatz ggf. doch ein induktives Vorgehen unterlegt ist, in dem z. B. von wenigen Einzelfällen auf eine Grundgesamtheit geschlossen wird. Im konkreten Fall werden mit der Stichprobenuntersuchung entsprechend eines sowohl klärenden als auch gestalterischen Anspruches dieser Arbeit zwei unterschiedliche Zielsetzungen verfolgt:

- Es wird eine Klärung hinsichtlich der einleitend erarbeiteten Hypothesen und eine Beantwortung der daraus abgeleiteten Forschungsfragen angestrebt.
- Es wird die Stichprobenuntersuchung als Analyseinstrument eingesetzt, um in einem explorativen Ansatz Ergebnisse zur Vorbereitung und Begründung der angestrebten Modellbildung und Entwicklung von Ontologien zu erhalten.

Mit Blick auf die genannten Zielsetzungen wie des im Kontext des Gestaltungsanspruches dieser Arbeit eher instrumentellen Charakters der Erhebung bietet sich an Stelle einer bezogen auf die Gesamtheit der Lehrkräfte repräsentativen Ausgestaltung der Stichprobe eine Erhebung in einer Gruppe von Lehrkräften mit relativ progressiver IKT-Nutzung an. Konkret wird eine Konzentration auf Lehrkräfte in IKT-affinen Bereichen im Besonderen der dualen beruflichen Bildung vorgenommen. Auf diese Weise wird vermieden, Lehrkräfte, in deren Arbeit die IKT-Nutzung eine sehr untergeordnete oder keine Rolle spielt, mit einer Befragung zu konfrontieren, die sich im Besonderen auf die IKT-Nutzung und digitale Objekte in der Arbeit von Lehrkräften konzentriert. Diese im Sinne der zweiten Zielsetzung sinnvolle Ausprägung der Erhebung wirft

natürlich die Frage nach der Repräsentativität der hieraus bezüglich der Hypothesen abgeleiteten Ergebnisse auf. Hier bieten sich unter dem Aspekt der Generalisierung der zu erwartenden Ergebnisse wenigstens zwei Wege an:

Zum einen lässt sich ohne Mühe eine fiktive Population konstruieren, für die die eben beschriebene Stichprobe repräsentativ ist (vgl. BORTZ 1999, S. 87). Bezogen auf die derzeit vorzufindende Population der Lehrkräfte ist diese fiktive Population eine durch die genannten Besonderheiten gekennzeichnete Teilmenge. Setzt man allerdings voraus, dass künftig von einer zunehmenden Nutzung von Computern in der Arbeit von Lehrkräften auszugehen ist, kann der vorliegenden Stichprobe zumindest in puncto Computereinsatz eine bezogen auf die Gesamtheit der Lehrkräfte steigende Repräsentativität zugesprochen werden. Somit nehmen im Rahmen der Stichprobe gewonnene Ergebnisse in prognostischer Weise mögliche künftige Entwicklungen vorweg, die bezogen auf die Grundgesamtheit unter den genannten Voraussetzungen zu erwarten sind. Eine leichte Überrepräsentation eher jüngerer Lehrkräfte wäre dieser Interpretation zuträglich.

Der zweite Ansatz besteht in einer beispielsweise nach wöchentlicher Computernutzungsdauer differenzierten Betrachtung der Erhebungsergebnisse. Unterscheidet man bestimmte Merkmalsausprägungen z. B. danach, ob die befragten Lehrkräfte den Computer mehr oder weniger als 10 Stunden wöchentlich beruflich nutzten, so liefert dies Hinweise auf mögliche Zusammenhänge. Zeigt sich eine signifikante Abhängigkeit, so kann der Gruppe mit der geringeren Nutzungsdauer eine höhere Repräsentativität bezüglich der Grundgesamtheit zugesprochen werden, ohne dies hier genauer quantifizieren zu können. Zeigt sich hingegen keine Abhängigkeit, so kann das Ergebnis ggf. auch auf die Grundgesamtheit übertragen werden.

Wird im Zuge der Ergebnisauswertung der Terminus *Lehrkräfte* in nicht weiter differenzierter Weise verwendet, so sind damit in erster Linie die im Rahmen der Stichprobe befragten Lehrkräfte gemeint. Darüber hinaus lassen sich die Ergebnisse unter den eben dargelegten Prämissen mit Bedacht generalisieren, sofern die Stichprobe unter Ausblendung der IKT-Affinität ein gewisses Maß an Repräsentativität z. B. bezogen auf eine Grundgesamtheit der Lehrkräfte an berufsbildenden Schulen aufweist. Hierzu wird eine entsprechende Untersuchung der Zusammensetzung und Repräsentativität der Anfallstichprobe vorgenommen (vgl. Unterkapitel 4.2).

Nimmt man an dieser Stelle die Gesamtheit aller Lehrkräfte an beruflichen Schulen in den Blick, so können quantitative Aspekte dieser Konstellation durch Rückgriff auf Daten der Kultusministerkonferenz gewonnen werden. Aus diesen ergibt sich über alle Formen beruflicher Schulen hinweg auf Basis von KMK-Daten ein Wert von 113.291 Lehrkräften⁹ für das Jahr 2002. Von diesen entfallen statistisch 46.421 Lehrkräfte auf den Bereich der dualen Berufsausbildung (vgl. BEHÖRDE FÜR BILDUNG UND SPORT HAMBURG 2002), wobei Lehrkräfte tatsächlich häufig auch in mehreren beruflichen Schulformen eingesetzt sind. Legt man für die in IKT-affinen Bereichen tätigen Lehrkräfte näherungsweise die Zahl der in der dualen Berufsausbildung im Bereich der IT-Berufe und Elektroberufe tätigen Lehrkräfte zugrunde, so kann die Größe dieser Gruppe mit Hilfe der statistischen Daten des BiBB zu neu abgeschlossenen Ausbildungsverträgen abgeschätzt werden. Hier haben die Elektroberufe und IT-Berufe zusammen einen Anteil von 6,36 Prozent an der Gesamtheit der neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge. Überträgt man diesen Anteil unter der Prämisse, dass in dem nicht dualen Teil berufsschulischer Bildung eine ähnliche Verteilung vorliegt (Elektrotechnik- und Informatik-Unterricht an Fachoberschulen, Fachgymnasien, Assistentenberufe usw.) auf die Gesamtheit der Lehrkräfte an berufsbildenden Schulen, so ergibt sich als Richtwert eine Zahl von 7200 Lehrkräften (vgl. BIBB 2003).

Der gestalterische Aspekt der vorliegenden Arbeit findet in der angestrebten Entwicklung von Ontologien seine Umsetzung. Auf Basis der im Rahmen der empirischen Untersuchung erwarteten Ergebnisse bezüglich vorhandener Problembereiche wie Bedarfe in der Organisation digitaler Objekte sollen Modelle konstruiert werden, die zur Verbesserung der Organisation digitaler Objekte beitragen können. Dabei bestehen auch unter Einbezug der angestrebten Ergebnisse der empirischen Untersuchung noch Freiheitsgrade zur konkreten Ausgestaltung der Ontologien. Die angestrebte Ontologie-Entwicklung ist letztlich ein hermeneutisch geprägtes Konstruieren von Theorien und Modellen zum Zwecke einer gewünschten Veränderung und Verbesserung der Arbeit von Lehrkräften. Die Theorien und Modelle sind hierbei nicht als Abbild von Wahrheit und Wirklichkeit zu verstehen. Vielmehr handelt es sich um ausdrücklich von der Komplexität globaler Zusammenhänge abstrahierende und diese vereinfachende Konstrukte,

⁹ Teilzeitbeschäftigte Lehrkräfte sind in diesen Zahlen auf Vollzeitstellen umgerechnet worden.

die letztlich daran zu messen sind, inwieweit sie im Sinne formulierter Zielsetzungen und Aufgaben produktiv nutzbar sind. Dieser Zusammenhang erfordert methodisch idealtypisch ein zyklisches Zusammenspiel aus hermeneutischer Modellbildung, technischer Realisierung darauf basierender IKT-Anwendungen sowie empirischer Überprüfung im Rahmen der betrachteten Zieldomäne. Im konkreten Fall liegt die Entwicklung einer im Rahmen der Zielgruppe der Lehrkräfte einsetzbaren technischen Realisierung und damit auch eine empirische Evaluation der Akzeptanz der Ontologien außerhalb der im Rahmen dieser Arbeit gegebenen Möglichkeiten. Ersatzweise ist hier eine prototypische technische Realisierung und exemplarische Anwendung der Ontologien vorgesehen, so dass auf diese Weise die prinzipielle Eignung der zugrunde gelegten Modelle überprüft werden kann.

Wie in der Einleitung schon angedeutet, liegt dieser Arbeit ein konstruktivistisch geprägter, instrumentalistischer Wissensbegriff zugrunde. Ohne eine vertiefende Auseinandersetzung mit den damit verbundenen wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Zusammenhängen wie weit reichenden philosophischen Implikationen beginnen zu wollen, soll an dieser Stelle zumindest eine grundsätzliche Klärung der Frage, wie sich diese Position mit dem hier ebenfalls verwendeten Begriff der Ontologie verträgt, geleistet werden. Im Zentrum steht hier die Frage nach der Möglichkeit oder Unmöglichkeit des objektiven, von subjektiven Einflüssen befreiten Erkennens einer ontischen Welt. Die konstruktivistische Position ist hier eindeutig und wird durch folgendes populäres Zitat treffend wie knapp beschrieben: „Objektivität ist die Wahnvorstellung, Beobachtungen könnten ohne Beobachter gemacht werden.“ (VON FOERSTER 1998, S. 154). Diese Aussage scheint im ersten Moment im Widerspruch zu Ansprüchen an wissenschaftliches Arbeiten wie Objektivität, Reliabilität und Validität zu stehen. Löst man jedoch die methodische Anforderung nach Objektivität wissenschaftlichen Arbeitens von der Vorstellung, mit dieser Objektivität sei gleichzeitig das Erkennen einer ontischen Welt unmittelbar verbunden, so kann diese auch als Konstruktion intersubjektivierbarer Erklärungsmodelle verstanden werden¹⁰. Entsprechend sind die im Rahmen dieser Arbeit exemplarisch zu entwickelnden Ontologien trotz ihres Namens nicht als

¹⁰ Zur Durchführung der zur ersten Mondlandung notwendigen Berechnungen hat sich die Newtonsche Mechanik als durchaus viabel erwiesen, obwohl deren beschränkte Gültigkeit seinerzeit bereits bekannt war (vgl. VON GLASERSFELD 1995, S. 52 ff.).

Abbilder einer ontischen Welt, sondern vielmehr als in einer spezifischen Zielperspektive domänenspezifisch viable Konstrukte und Modelle, mithin als Ontologien im Sinne der Informatik zu verstehen.

1.4.2 Fragestellung

Für die weitere methodische Ausgestaltung des Vorgehens, insbesondere mit Blick auf eine geeignete Grundlegung verbesserter Organisationsansätze, soll an dieser Stelle zunächst eine Operationalisierung der einleitend formulierten Hypothesen erfolgen. Konkret lassen sich folgende Fragestellungen ableiten, die im Weiteren zu beantworten sind (die jeweiligen Bezüge zu den entsprechenden Hypothesen sind in Klammern angegeben):

- F 1: Gibt es in der Arbeit von Lehrkräften eine (im Zuge der steigenden Komplexität und Dynamik vieler beruflicher Prozesse) wachsende Fülle beruflich relevanter Informationen? (H 1)
- F 2: Welche Bedeutung haben IKT-Systeme für Lehrkräfte? (H 2)
- F 3: Wozu und in welcher Intensität werden IKT-Systeme in der Arbeit von Lehrkräften konkret genutzt? (H 2)
- F 4: Welche Mengen und Arten digitaler Objekte finden sich auf beruflich genutzten IKT-Systemen von Lehrkräften? (H 3)
- F 5: Werden zur Organisation digitaler Objekte im Prinzip gleiche Ordnungssysteme und Verfahrensweisen angewandt, wie im Umgang mit nicht digitalen Informations-Objekten? (H 6)
- F 6: Welche Arbeitsmittel werden zur Organisation digitaler Objekte eingesetzt? (H 6)
- F 7: Wie schätzen Lehrkräfte den Schwierigkeitsgrad der Organisation digitaler Objekte ein? (H 7)
- F 8: Welchen Umfang und welche Strukturen haben verzeichnisbasierte Organisationssysteme auf beruflich genutzten IKT-Systemen von Lehrkräften? (H 7)

- F 9: Welche didaktischen und weiteren semantischen Dimensionen (Merkmale, Selektionskriterien) digitaler Objekte sollte eine optimale Organisation dieser aus der Sicht von Lehrkräften berücksichtigen? (H 5)
- F 10: Wie groß ist die Bereitschaft von Lehrkräften zur netzbasierten Kooperation in der Erstellung und gegenseitigen Nutzung digitaler Objekte und an welche Bedingungen ist diese geknüpft? (H 4)
- F 11: Welches sind die zentralen Konzepte der als Lösungsansätze in Betracht gezogenen Technologie-Standards *Learning Object Metadata* und *Topic Maps* und welche Theorien mit Bezug zur Zielsetzung dieser Arbeit finden sich in deren Umfeld? (H 8)
- F 12: Welchen Beitrag zur effizienten individuellen wie kooperativen Organisation digitaler Objekte können die genannten Technologie-Standards und damit verbundene Theorien hinsichtlich der bestimmten Problembereiche und Anforderungen leisten? (H 8)
- F 13: Mit welchen Ontologien können die in Betracht gezogenen Standards in einer auf die spezifischen Bedarfe von Lehrkräften abgestimmten Weise genutzt werden, um digitale Objekte individuell wie kooperativ zu organisieren? (H 9)

1.4.3 Aufbau und methodische Ansätze

Im Zuge der in Kapitel 1 vorgenommenen Konkretisierung der Ausgangslage wie Ableitung von Hypothesen sind bereits einige im Kontext dieser Arbeit zentrale Begriffe eingeführt worden sind, die einer eingehenderen Klärung und theoretischen Verortung bedürfen, um die Einbettung des Vorhabens transparenter zu machen und auch eine geeignete Ausgangslage zur begriffsbasierten Modellbildung zu schaffen. Zudem spielen IKT-Systeme in dem hier betrachteten Problem- und Gestaltungsfeld eine zentrale Rolle, so dass auch eine grundlegende Befassung mit im Umfeld dieser angesiedelter Konzepte notwendig ist. Eine theoretische Klärung und Strukturierung dieser zentralen Begriffe und Konzepte erfolgt in Kapitel 2.

Die weitere Gliederung der Arbeit orientiert sich an dem beschriebenen Forschungsansatz. Es folgen drei weitere Kapitel, die den Kern der Arbeit bilden und im Anschluss in ihrer Anlage dargestellt werden:

- In Kapitel 3 erfolgt eine theoretische Auseinandersetzung mit ausgewählten Konzepten und Technologie-Standards, die im Besonderen für eine didaktische, an Bedarfen der Arbeit von Lehrkräften orientierte Organisation digitaler Objekte geeignet erscheinen (F 11, F 12).
- In Kapitel 4 findet eine empirisch-explorativ angelegte Untersuchung zur Arbeit von Lehrkräften im speziellen Kontext der IKT-Nutzung und der Organisation digitaler Objekte statt (F 1 bis F 10).
- In Kapitel 5 erfolgt eine hermeneutisch geprägte Auseinandersetzung mit Modellen wie mit der Entwicklung von Ontologien zur verbesserten individuellen wie kooperativen Organisation digitaler Objekte (F 12, F 13).

Die Arbeit schließt mit einer zusammenfassenden Würdigung der Ergebnisse unter Rückbezug auf die eingangs formulierten Hypothesen und endet mit einem Ausblick, der Anschlussmöglichkeiten aufzeigt.

Zu Kapitel 3: Möglichkeiten der didaktischen Organisation digitaler Objekte

Kapitel 3 befasst sich mit dem *Standard for Learning Object Metadata* wie dem ISO-Standard der *Topic Maps* und im Umfeld dieser angesiedelten Konzepten und Anwendungsmöglichkeiten, die, wie in Abschnitt 1.3.4 bereits ausgeführt, wichtige Ansätze zu einer verbesserten Organisation digitaler Objekte liefern. Diese frühe und der eigentlichen Klärung der Bedarfe vorgelagerte Befassung mit Lösungsmöglichkeiten dient dem Zweck, gewisse Aspekte hier vorzufindender Lösungsansätze im Rahmen der nachgelagerten empirischen Untersuchung aufzugreifen und hinsichtlich ihrer Akzeptanz überprüfen zu können.

Zu Kapitel 4: Empirische Befunde zur didaktischen Organisation digitaler Objekte

In diesem an einem empirisch-explorativen Ansatz ausgerichteten Hauptteil der Arbeit ist das Erkenntnisinteresse zunächst auf die Lehrkräfte gerichtet. Es geht um die Beschreibung und Erklärung von Verfahren, Problemen und Bedarfen von Lehrkräften in der Organisation digitaler Objekte. Die einleitend in eher offener Weise formulierten und unter Hinzuziehung von Alltagswissen, aus teilnehmender Beobachtung wie mittels im Vorfeld durchgeführter Befragungen und Literaturanalysen gewonnenen Hypothesen bilden dabei die zugrunde gelegten Leitgedanken ab. Über die Prüfung dieser Hypothe-

sen hinausgehend wird das Ziel verfolgt, in explorativer Weise genauere Erkenntnisse über die IKT-Nutzung in der Arbeit von Lehrkräften und die im Zuge der Organisation digitaler Objekte bestehenden Probleme und Bedarfe zu gewinnen. Die weiter oben formulierten Forschungsfragen bilden den Ausgangspunkt des explorativ angelegten Ansatzes. Die hier erwarteten Antworten sollen wichtige Impulse für die im folgenden Kapitel angestrebte Entwicklung von Konzeptionen zur verbesserten Organisation digitaler Objekte liefern und diese auf eine gesicherte empirische Basis stellen. Zudem ermöglichen sie eine abschließend zu führende Auseinandersetzung mit den initial abgeleiteten Hypothesen.

Zur Konkretisierung des Instrumentariums bietet sich ein Blick auf die für diesen Teil der Arbeit relevanten Forschungsfragen F 1 bis F 10 an. Dieser lässt zwei unterschiedliche Ansatzpunkte, die je nach Fragestellung alternativ oder auch im Sinne einer Methodentriangulation komplementär genutzt werden können, hervortreten: Zum einen sind es die Lehrkräfte selbst und zum anderen sind es die digitalen Artefakte ihres Handels, die in der speziellen Perspektive der Organisation digitaler Objekte in den Blick genommen werden können. Dies sei am Beispiel der Frage F 3 „Wozu und in welcher Intensität werden IKT-Systeme in der Arbeit von Lehrkräften konkret genutzt?“ kurz erläutert: Ein möglicher Weg, hier zu Antworten zu kommen, ist die Befragung von Lehrkräften zu deren IKT-Nutzungsgewohnheiten. Ein weiterer Weg ist, die von Lehrkräften beruflich genutzten IKT-Systeme hinsichtlich der installierten Programme wie auch der Menge der zugeordneten Dateien zu analysieren. Während die erste Herangehensweise bei geeigneter Ausgestaltung des Instrumentariums im Prinzip substantielle qualitative Aspekte der Art „Ich benutze die Textverarbeitung zum Erstellen von Klassenarbeiten.“ zu Tage fördern kann, sind mit einer Analyse der auf einem Rechner zu findenden Objekte vom Typ *Textverarbeitungs-Dokument* eher quantitativ vergleichende Betrachtungen zwischen unterschiedlichen Anwendern wie auch zwischen unterschiedlichen Software-Anwendungen möglich. In der Kombination beider Ansätze ergibt sich die Chance, die jeweils gewonnen Erkenntnisse abzusichern bzw. auch zu relativieren. So ist es bezüglich der Hypothese H 7 bzw. auch der zugeordneten Fragen von großer Bedeutung zu erfahren, auf Basis welcher Quantitäten digitaler Objekte gewisse Organisationsprozesse als *problembehaftet* eingeschätzt werden. Aus diesen Gründen soll soweit möglich der Versuch unternommen werden, beide Ansatzpunkte geeignet zu berücksichtigen. Details zur Ausgestaltung finden sich in Unterkapitel 4.1.

Zu Kapitel 5: Ontologien zur didaktischen Organisation digitaler Objekte

Dieser Teil der Arbeit folgt einem gestalterischen Anspruch. Die in Kapitel 3 durchgeführte theoretische Auseinandersetzung mit Organisationsansätzen erfährt zunächst eine inhaltliche Erweiterung, indem auch die im empirisch-explorativen Teil gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich bestehender Anforderungen zur Organisation digitaler Objekte einbezogen werden. Als Ergebnis der Verknüpfung der aus der Berufsarbeit von Lehrkräften resultierenden Anforderungen einerseits und den Gestaltungsmöglichkeiten der genannten Standards andererseits sollen schließlich Ansätze zur Problemlösung entwickelt und diskutiert werden (F 12, F 13). Hierbei handelt es sich um grundsätzliche Ansatzmöglichkeiten zur Organisation digitaler Objekte auf der Modellebene. Außerhalb der Reichweite liegen eine gegenüberstellende Bewertung konkreter Software-Lösungen wie auch ein insgesamt hinreichendes Lösungskonzept, das zudem den gesamten organisatorisch-institutionellen Rahmen der Arbeit von Lehrkräften wie auch die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften in Betracht zu ziehen hätte. Vielmehr zielt dieses Kapitel im Kern auf die Entwicklung von Ontologien zur effizienten individuellen wie kooperativen Organisation und Nutzung digitaler Objekte ab und endet mit der Darstellung der Ergebnisse einer exemplarischen Evaluation. Eine Auseinandersetzung mit Details zur Methodik der Entwicklung von Ontologien findet sich in Unterkapitel 5.1.

2 Theoretische Bezüge grundlegender Begriffe und Konzepte

2.1 Information

Das Wort Information findet umgangssprachlich in unterschiedlichen Bedeutungen Verwendung, die sich insbesondere deshalb weitgehend reibungslos nebeneinander verwenden lassen, weil sie verschiedene Aspekte eines Prozesses hervorheben, der selbst wiederum insgesamt als Information bezeichnet wird. Dabei kann der Prozess der Information umgangssprachlich als selbstgestaltet ausgeprägt sein, indem man sich informiert, oder fremdgestaltet ausgeprägt sein, indem man informiert wird. Neben diesen prozessualen Aspekten bezeichnet Information aber auch Dinge wie beispielsweise Texte, Bilder, Filme und sicher noch weitere strukturbehaftete Materialien, die in Prozessen der Information eine tragende Rolle spielen können, aber auch losgelöst von konkreten Prozessen als Informationsmaterial existent sind. Darüber hinaus wird mit Information auch ein Bedarf gekennzeichnet, der aus einer ohne Weiteres nicht zu lösenden Aufgabe resultiert. Man benötigt weitere Information, wobei es hier in der Regel unbedeutend ist, in welcher Form diese Information erfolgt. Schließlich ist noch der Aspekt der subjektspezifischen Wirkung hervor zu heben: Prozesse der Information können bei wiederholtem Vollzug aufgrund von in der Folge der Information vollzogene rezipientenspezifischen Veränderungen wie auch insgesamt differenter Ausgangslagen unterschiedlich informativ sind.

Der Begriff der Information spielt auch in vielen Wissenschaftsbereichen eine wichtige Rolle. Kosmologen fragen sich, aufgrund welcher Information unser heutiger Kosmos hervorgegangen ist. In der Physik versucht man im Zuge von Messungen Informationen über die Struktur und Funktion unserer Welt zu bekommen und hat insbesondere im Bereich kleinster Teilchen mit Effekten zu leben, die jenseits der Kausalität anzusiedeln sind und sich nurmehr statistisch fassen lassen. In der Biologie spielen in der Struktur der DNA manifestierte Erbinformationen eine zentrale Rolle. Unser tägliches Leben wird mehr und mehr durch den Einsatz informationsverarbeitender und -übertragender Maschinen geprägt, für den Wissenschaftsbereich der Informatik wirkte die Information gar namensstiftend. Und auch unsere individuelle geistige Entwicklung wie auch das Funktionieren unserer Gesellschaft ist maßgeblich an die Verfügbarkeit von Informationen gebunden, was unmittelbar auf die Wissenschaftsbereiche der Pädagogik, Didaktik,

Psychologie und Soziologie verweist. Trotz dieser erheblichen Bedeutung der Information für verschiedenste Bereiche menschlichen Arbeitens und Lebens existiert derzeit keine einheitliche Definition. Neben pessimistischen Einschätzungen zur Möglichkeit der Konstruktion eines für alle Bereiche tragfähigen Informationsbegriffs (siehe „Capurrosches Trilemma“ in FLEISSNER / HOFKIRCHNER 1995) finden sich jedoch auch hoffnungsvolle Ansätze, die insbesondere die Selbstorganisation zum zentralen Stützpfeiler haben (vgl. HOFKIRCHNER 1998, EBELING / FEISTEL 1994).

Ursprünge des Wortes Information können im Lateinischen ausgemacht werden, wo es so viel wie Form und Gestalt bedeutet. Mit dem Verb *informare* werden entsprechende Vorgänge des In-Form-und-Gestalt-Bringens benannt. In früheren Zeiten wurden auch Prozesse des Lehrens und Lernens als Information bezeichnet. Eine erschöpfende historisch etymologische Auseinandersetzung mit dem Begriff der Information findet sich bei CAPURRO (vgl. CAPURRO 1978). Allein im Kontext der Informations- und Dokumentationswissenschaften macht WERSIG etwa 30 unterschiedliche Definitionen und Deutungen des Informationsbegriffs ausfindig (WERSIG 1971, S. 28 ff.), deren Differenzen sich nur einer ausgesprochen sublimen Betrachtung erschließen.

An dieser Stelle gilt das Bemühen vorrangig einer wohl begründeten und im Kontext dieser Arbeit tragfähigen Begriffskonstruktion. Einen guten Ausgangspunkt liefern nachfolgende Definitionen, die die einleitend dargestellten Aspekte Struktur, Prozess und Wirkung in Zusammenhang bringen. BATESON führt im Zuge des Nachsinnens über Kriterien geistiger Prozesse und hier speziell des Auslösens von Wechselwirkungen zwischen Teilen des Geistes aus: „Informationen bestehen aus Unterschieden, die einen Unterschied machen.“ (BATESON 1982, S. 123). Bei LUHMANN findet man Ähnliches: „Elemente sind Information, sind Unterschied, die im System einen Unterschied machen.“ (LUHMANN 1998, S. 66). Demnach bedarf es zunächst der Unterschiede. Solche auch als strukturelle Informationen bezeichneten Unterschiede können sicherlich in der Art materieller oder energetischer Strukturierungen vorliegen, aber zudem auch, wie weiter unten noch aufgezeigt wird, in Differenzen zwischen wahrgenommenen und mental manifestierten Strukturierungen bestehen. Zudem findet sich eine Art Wirkprozess: die Unterschiede führen zu weiteren Unterschieden, sie wirken auf etwas oder gar auf sich selbst. Ein zur Quantifizierung solcher Unterschiede bzw. struktureller Information gebräuchliches Maß ist das Bit. Auch als elementare Einheit der Information

bezeichnet lässt sich mit einem Bit ein binärer Unterschied kodieren¹¹. Mit einem Wort aus n Bit lassen sich 2^n unterschiedliche Zustände kodieren.

2.1.1 Information und Selbstorganisation

Information ist an Unterschiede und Strukturierungen gebunden. Wo keine Unterschiede und Strukturierungen sind, ist keine Information. Ein solcher auch als Chaos bezeichneter Zustand der Struktur- und Unterschiedslosigkeit findet sich im Standardmodell des heißen Urknalls in der Urmaterie wieder, aus der im Zuge der Evolution von Kosmos, Erde und Leben alle heute vorzufindenden Strukturierungen hervorgegangen sind, der aber dem Modell zufolge selbst einen informationslosen Zustand höchster Symmetrie darstellte (vgl. EBELING / FEISTEL 1994, S. 69ff, ebenda S. 212, FAHR 2005, WOLKENSTEIN 1990, S. 129). Diesem Modell folgend ist also die heute vorzufindende Differenziertheit und Strukturiertheit der Welt aus einem Zustand völliger Gleichförmigkeit entstanden: Entweder führten also nicht vorhandene Unterschiede zu Unterschieden oder alternativ müsste der Urzustand, aus dem sich „... das nachfolgende kosmische Geschehen als Folgewirkung ...“ abgeleitet hat, als differenziert angenommen werden (FAHR 2005). Letztere Sichtweise korrespondiert dann mit einer eher kybernetischen Sicht der Dinge, die die Information als eigenständige Größe neben Energie und Materie zumindest nicht ausschließt: „Information ist Information, weder Materie noch Energie. Kein Materialismus, der dies nicht berücksichtigt, kann heute überleben.“ (WIENER, O. J.). Nach derzeitigem Vorstellungsvermögen und sofern sie nicht nur als abstrakte mathematische Rechengröße begriffen werden soll scheint Information an das Vorhandensein von Energie bzw. Materie gebunden zu sein:

„Sie ist weder Materie noch ist sie Energie, beide dienen lediglich als Träger von Information. Wenn ich Materie oder Energie weitergebe, dann besitze ich nachher die entsprechende Menge an Materie oder Energie weniger. Gebe ich aber Information weiter, dann habe ich sie nachher immer noch. Ja, ich kann sie beliebig vervielfältigen, ohne weitere Information aufnehmen zu müssen. Warum sollte dieses eigenartige Wesen 'Information' also nicht auch einen eigenen Aufenthalts-

¹¹ Ein Bit kann die Werte 0 oder 1 haben, womit sich dann der denkbar kleinste Unterschied, z.B. „A“ oder „B“ bzw. „Vorhanden“ oder „Nicht vorhanden“ darstellen lässt.

ort besitzen, der weder Raum noch Zeit benötigt, sich über beide hinwegsetzt?“
(VESTER 2001, S. 29).

Im Zuge der Evolution des heute Vorzufindenden aus der strukturlosen Urmaterie werden zwei in einem dynamischem Zusammenhang stehende Mechanismen als bedeutsam erachtet. Zum einen zeigen Unterschiede in der stofflichen und energetischen Strukturierung innerhalb abgeschlossener Systeme normalerweise die Tendenz, sich nach und nach im Zuge selbst ablaufender irreversibler Prozesse auszugleichen. Dieser Mechanismus wird durch den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik beschrieben. Eine hier zentrale Zustandsgröße eines betrachteten Systems ist dessen Entropie, die als Maß der Wertlosigkeit der Energie eines Systems wie auch als Maß für dessen molekulare Unordnung betrachtet werden kann (vgl. FEISTEL / EBELING 1994, S. 27).

Zum anderen führen spezielle Bedingungen in offenen Systemen zu irreversiblen Prozessen der synergetischen Strukturbildung und damit zum Bruch von Symmetrien und so zum Aufbau von Unterschieden. Beispiele hierfür sind die *„Selbststrukturierung von der Materie im Laserlicht (Haken/Wunderlin 1991), das Entstehen dissipativer Strukturen bei chemischen Reaktionen (Prigogine/Stengers 1993), die Entstehung lebendiger Materiestrukturen in einem Hyperzyklus autokatalytischer Reaktionen (Eigen et al. 1985), die Autopoiese über neuronale Mechanismen verfügbarer organischer Strukturen (Maturana/Varela 1987) und ... Überlegungen zur Soziologie (Luhmann 1984) ...“* (HOFKIRCHNER 1998, vgl. auch WOLKENSTEIN 1990, S. 161 ff.).

Es gibt Ansätze zu einer vereinheitlichten und interdisziplinären Theorie der Selbstorganisation, die die genannten wie weitere derartige Prozesse erklärt und auch zu einer einheitlichen Fassung des Informationsbegriffs führt, da jeder Akt der Strukturbildung im Zuge von Selbstorganisationsprozessen auch mit der Entstehung struktureller Information verbunden ist (vgl. EBELING / FEISTEL 1994, S. 222, HOFKIRCHNER 1998, Kapitel 3). Mit einem Blick auf den Anfang allen Werdens kann weitergehend angenommen werden, dass jede strukturelle Information als unmittelbares oder mittelbares Ergebnis einer Abfolge verkoppelter selbstorganisierter Strukturbildungsprozesse entstanden sein muss. Ausgehend von physikalisch-chemischen Prozessen der Selbstorganisation entwickelten sich komplexere biologische wie schließlich soziale Prozesse der Selbstorganisation.

Selbstorganisierte Prozesse laufen nur unter sehr speziellen Bedingungen ab, zu denen insbesondere eine Zufuhr hochwertiger Energie gehört. Richtet man den Blick auf das offene System Erde, so kann als energetische Triebkraft der Strukturbildung ein Entropieexport von durchschnittlich 1 Watt pro Kelvin je Quadratmeter Oberfläche ausgemacht werden, der aus der Temperaturdifferenz von aufgenommener Strahlungsenergie der Sonne (ca. 6000K) und abgestrahlter Energie (260K) resultiert (vgl. EBELING / FEISTEL 1994, S. 21, WOLKENSTEIN 1990, S. 145). Wird in einem nichtlinearen System durch Entropieexport ein überkritischer Abstand vom thermodynamischen Gleichgewicht erreicht, können hervorgehend aus Zuständen der Instabilität neue Strukturformen entstehen. Diese können dann ggf. wiederum durch veränderte äußere Bedingungen in einen Zustand der Instabilität geraten und wiederum neue Strukturen entstehen lassen usw. (vgl. FEISTEL / EBELING 1994, S. 35 ff.). Hierbei handelt es sich um Strukturbildungsprozesse fernab vom thermodynamischen Gleichgewicht, die sich nicht mit Gleichgewichts-Phasenübergängen wie beispielsweise der Kristallisation einer Flüssigkeit vergleichen lassen, deren Ergebnis durch physikalisch-chemische Gesetzmäßigkeiten prädestiniert ist. Sie bringen vielmehr von gewöhnlichen kristallinen Ordnungen prinzipiell verschiedene und neuartige Strukturen hervor (vgl. WOLKENSTEIN 1990, S. 147ff. und S. 186).

Wie schon angedeutet, vollziehen sich Strukturbildungsprozesse auf unterschiedlichen, miteinander verkoppelten Ebenen, die im Zuge der Evolution immer komplexere Strukturen und neue Qualitäten wie Lebewesen hervor gebracht haben. Dabei lässt sich die Entwicklung einer höheren Ebene nur im Lichte der Teilsysteme verstehen, die in ihr ausdifferenziert werden und die das Ergebnis vorangegangener Strukturbildungsprozesse sind. Die Vielfalt einer im Zuge differenzierter Analysen unterscheidbaren Ebenen der Strukturbildung dissipativer Systeme im Zuge von Nichtgleichgewichtsprozessen lässt sich grob in folgende, durch unmittelbar benennbare Qualitäten gekennzeichnete Ebenen zusammenfassen:

- Auf chemisch-physikalischer Ebene finden sich relativ einfache Systeme, die sich unter speziellen Randbedingungen selbst strukturieren. Beispiele hierfür sind bestimmte Strömungsstrukturen wie die Bénard-Zellen, periodische chemische Reaktionen wie bei der Belousov-Zhabotinsky-Reaktion oder auch die Laserstrahlung. Die Selbststrukturierung ist gekennzeichnet durch ein emergentes Ausbilden neuer globaler Eigenschaften und Regeln innerhalb eines dicht ge-

knüpften Netzwerkes aus Elementen, die nur durch lokale Regel aufeinander bezogen sind. Die durch das übergreifende Zusammenwirken der Elemente entstehenden neuen Eigenschaften weisen synergetisch über das hinaus, was jedes einzelne Element für sich betrachtet darstellen kann (VARELA 1990, S. 60 ff.).

- Auf der biologischen Ebene der Lebewesen finden sich sogenannte autopoietische Systeme, die sich selbst organisieren, indem sie sich selbst strukturieren und zudem reproduzieren. Als Schlüsselmerkmal allen Lebens können autopoietische Systeme neben ihren Strukturen auch die Elemente, aus denen sie bestehen, im Kontext ihrer Strukturen selbst erzeugen. Sie sind weitestgehend autonom. Ihre eigenen Zustände werden nur intern gesteuert, äußere Reize können lediglich als Auslöser selbst gesteuerter Zustandsänderungen auftreten (vgl. MATUREANA / VARELA 1984, S. 47 ff.).
- Auf der sozialen Ebene finden sich Systeme, die sich selbst strukturieren, reproduzieren und ihre Umwelt gestalten. Soziale Systeme sind mehr oder weniger große Gruppen von Lebewesen, die ihre Umwelt arbeitsteilig und kommunikativ im Sinne des eigenen Fortbestehens zu gestalten trachten (vgl. HOFKIRCHNER 1998, Unterkapitel 3.1, FEISTEL / EBELING 1994, S. 113 ff.).

Mit dem Bezug auf Prozesse der Selbstorganisation vollzieht sich ein entscheidender Perspektivwechsel im Verständnis von Information. Sie entsteht innerhalb von lebenden Systemen im Zuge von Selbstorganisationsprozessen, was fortan zur Klärung und Veranschaulichung weiterer hier bedeutsamer Zusammenhänge durch die in Abb. 6 dargestellte Symbolik gekennzeichnet wird.

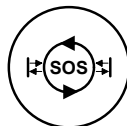


Abb. 6: Informationsentstehung im Zuge irreversibler Prozesse in selbstorganisierten Systemen (SoS)

Die Strukturbildung innerhalb eines Systems ist gleichzeitig ein Akt der Differenzierung der dem System unterlegten Teilsysteme. Das externe Umfeld kann Einfluss auf das Sensorium eines selbstgesteuerten Systems ausüben, es determiniert aber nicht den Prozess der Informationsentstehung (vgl. linke Seite in Abb. 7). In diesem Sinne ist im Kontext des Lebens der Prozess der „Information ... als innere Wirkungen organisierende Wirkung zu verstehen.“ (FUCHS-KITTOWSKI 2005, S. 1, ebenda S. 8 f.). Die Wirkung

externer Einflüsse bzw. von Botschaften vollzieht sich im Zuge selbstgesteuerter Vorgänge der Interpretation und Reorganisation. Dies verändert das selbstorganisierte System und dessen Interpretationsregeln und beeinflusst damit generell auch die Wirkung weiterer externer Einflüsse und Folgebotschaften (vgl. Abb. 7).

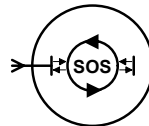


Abb. 7: Nichtdeterministische Wirkung des Umfeldes auf den Prozess der Informationsentstehung

Prozesse der Informationsentstehung in Lebewesen entziehen sich der Wahrnehmung durch externe Beobachter. Die Beobachtung neuer Verhaltensweisen wie auch Reaktionen in bestimmten Situationen können allerdings als Indizien hierfür gewertet werden, wenngleich die dafür maßgeblichen inneren Strukturen und Bedingtheiten stets unklar bleiben (vgl. Abb. 8).

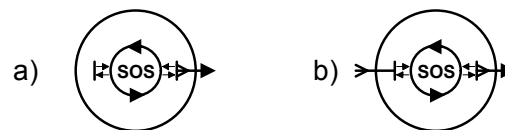


Abb. 8: Neue Verhaltensweisen (a) und Re-Aktionen (b) im Zuge der Informationsentstehung

Die Vorstellung der Information als determinierender Einfluss der externen Welt auf ein betrachtetes System und das damit eng verbundene Sender-Kanal-Empfänger-Modell ist damit in seiner Gültigkeit auf Prozesse der prä determinierten technischen Übertragung bzw. Verarbeitung von Informationen (bzw. hier auch Daten) zu beschränken und grundsätzlich von der Entstehung von Information im Bereich des Lebendigen zu unterscheiden (vgl. Maturana / Varela 1984, S. 212, Varela 1990, S. 113). Im Zuge der technischen Kommunikation bzw. Informationsübertragung entsteht nichts Neues und Unerwartetes. Sender und Empfänger sind idealtypisch fest verkoppelt, der Sender wirkt durch die technische Übertragung eines Informations-Objektes quasi als Fernsteuerung des Empfängers. Eine in diesem technischen Sinne optimierte Informationsübertragung ist geradezu dadurch gekennzeichnet, dass zufällige Effekte weitestgehend unterbunden werden und das Informations-Objekt idealtypisch unverändert zum Empfänger gelangt. Information wird übertragen, ohne dass ein Prozess der Information im Sinne einer selbstorganisierten Strukturbildung damit verbunden wäre (vgl. Abb. 9).

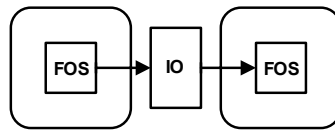


Abb. 9: Triviale technische Informationsübertragung fremdorganisierter Systeme (FoS) durch Informations-Objekte (IO), unidirektional

Im Gegensatz hierzu steht die soziale Information. Ein als Sender agierendes selbstorganisiertes System Mensch erzeugt z. B. durch Lautbildung ein flüchtiges Informations-Objekt und verändert sich im Zuge dieses Prozesses auf eine ihm eigene Art und Weise. Ein weiteres selbstorganisiertes System Mensch nimmt Laute wahr und verändert sich im Zuge des Prozesses und dies wiederum auf eine eigene Art und Weise (vgl. Abb. 10).

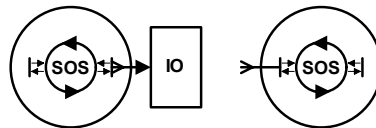


Abb. 10: Nichttriviale soziale Information durch Informations-Objekte (IO), unidirektional

Dies kann durchaus auch technisch vermittelt wie dann ggf. auch asynchron erfolgen, wenn z. B. zeitlich stabile Informations-Objekte Verwendung finden. So lassen sich die Sprechlaute eines Menschen mittels technischer Apparaturen aufzeichnen und in stabile Informations-Objekte wie z. B. Briefe oder E-Mail-Nachrichten überführen. Diese können dann anderen Menschen auch unter zeitlichem Verzug dargeboten werden (vgl. Abb. 11).

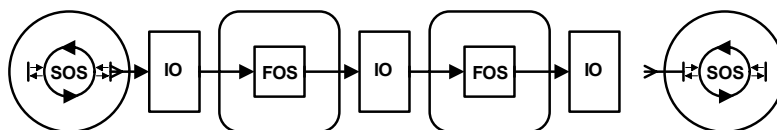


Abb. 11: Trivial vermittelte nichttriviale soziale Information

2.1.2 Wirkebenen struktureller Information

Information manifestiert sich, wie bereits dargestellt, in Unterschieden, die letztlich in spezifischen Strukturierungen von Energie und Materie mehr oder weniger stabil manifestiert sind:

„Als strukturelle Information wird hier diejenige Information bezeichnet, die mit einer vorliegenden (materiellen) Struktur zu einer bestimmten Zeit an einem be-

stimmt Ort gegeben ist; sie ist mit der physikalischen Natur eines Zustandes verbunden, sei es durch ein geologisches Gestein oder durch die DNA. Die strukturelle Information erfasst also den Informationsgehalt, wie er auf materieller Grundlage codiert ist, sie repräsentiert die strukturelle Determiniertheit eines Zustandes.” (SCHWEITZER 1997, S. 5).

Unter Würdigung der Ausführungen in Abschnitt 2.1.1 liegt es nahe, grundsätzlich jedwede strukturelle Information als unmittelbares oder mittelbares Ergebnis des evolutionären Wirkens zahlloser komplex vernetzter Selbstorganisationsprozesse aufzufassen. Mit Blick auf die unbelebte Materie mag dies zunächst schwer anzunehmen sein. Zu bedenken ist allerdings, dass jeder Selbstorganisationsprozess eines Entropieexportes an die Umwelt bedarf und er somit auch diese mittelbar wirkend beeinflusst. Und auch geologische Gesteinsformationen können als Spielart struktureller Information aufgefasst werden, da durch diese beispielsweise bezogen auf einen Geologen durchaus eine „innere Wirkungen organisierende Wirkung“ ausgeübt werden kann.

Betrachtet man die zahllosen Artefakte insbesondere menschlichen Handelns, die uns umgeben, wie z. B. ein Fahrrad oder einen ausziehbaren Tisch, so sind auch diese als strukturelle Information aufzufassen. Ihr Ausgangspunkt ist eine im Zuge von Selbstorganisationsprozessen konstruierte Idee, die zu praktischem Handeln in der Art der Umorganisation der umgebenden Materie führt und z. B. einen Stuhl hervorbringt (vgl. Abb. 12).

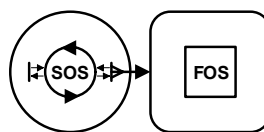


Abb. 12: Konstruktion und Erzeugung eines fremdorganisierten Systems (FOS)

Blendet man einmal die Alltäglichkeit der Gegenwart von Stühlen aus, so können diese und andere Artefakte sicher auch im Bereich menschlicher Kognition „innere Wirkungen organisierende Wirkung“ ausüben, sind also strukturelle Information.

Handarbeit wird heute vielfach durch den Einsatz von Maschinen ersetzt. Diese Maschinen sind wiederum fremdorganisiert. Ihr Ursprung liegt in mentalen Selbstorganisationsprozessen von Menschen. Sie sind in Ihrem Sein wiederum strukturelle Information. In ihrem Vermögen, andere fremdorganisierte Systeme zu erzeugen bzw. zu verändern, weisen sie über Artefakte wie eben Stühle hinaus. Strukturelle Information findet

sich in ihrer statischen Gestalt, aber auch in ihrem dynamischen Verhalten. Trotz dieses Delegationsprozesses entspringt die Struktur des fremdorganisierten Systems letztlich doch dem Handeln der Menschen (vgl. Abb. 13).

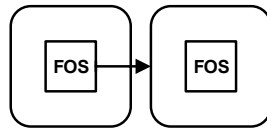


Abb. 13: Erzeugung eines fremdorganisierten Systems (FOS) mittels delegiertem Produktionsprozess

Ein besonderes Augenmerk gilt hier natürlich solchen Artefakten, die in ihrer spezifischen materiellen und energetischen Struktur nur noch als Träger von Symbolen fungieren, wie es bei Büchern und eben auch digitalen Datenträgern der Fall ist. In der initialen Entstehung Ergebnis und in gewisser Weise auch Repräsentant mentaler Selbstorganisationsprozesse ist ihr wesentlicher Zweck, „innere Wirkungen organisierende Wirkung“ auszuüben. In ihrer spezifischen Gestalt sind sie für die massenhafte Erzeugung und Verbreitung struktureller Information prädestiniert. Solche Informations-Objekte sind damit letztlich auch nur eine spezielle Form fremdorganisierter Systeme (vgl. Abb. 14).

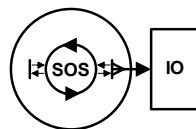


Abb. 14: Konstruktion und Erzeugung von Informations-Objekten (IO)

Mit der Erfindung von Computern ist im Prinzip ein weiterer Entwicklungsschritt getan. Als Maschine wiederum eine Art struktureller Information der ersten Art fungieren sie im Zusammenspiel mit Programmen als strukturelle Information der zweiten Art als eine Art delegierter Transformationsprozess struktureller Information. Die Programme repräsentieren wie steuern hierbei den Transformationsprozess. Deutlich festzuhalten ist, dass Computer in ihrem Inneren keinesfalls im Zuge evolutionärer selbstorganisierter Prozesse agieren, sondern durch das Programm determinierte Operationen und Transformationen durchführen (siehe Abb. 15).

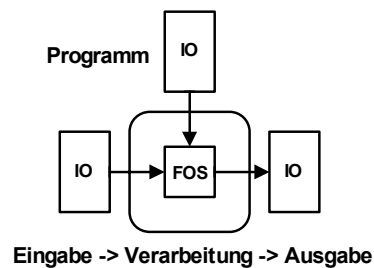


Abb. 15: Triviale programmgesteuerte Produktion bzw. Transformation eines Informationsobjektes

Im Ergebnis lassen sich auf diesem Wege strukturelle Informationen erzeugen, die eine besondere „innere Wirkungen organisierende Wirkung“ z. B. im Kontext menschlichen Lernens entfalten können.

Die bisherigen Betrachtungen haben ergeben, dass unsere Umwelt insgesamt als strukturelle Information aufgefasst werden kann, die zumindest das Potenzial hat, im Zuge von Prozessen der Information Wirkung auf unterschiedlichsten und verkoppelten physikalisch-chemischen, biologischen und auch sozialen Ebenen zu entfalten. Wirkung schlägt sich in einer veränderten oder gar komplexer strukturierten Materie nieder und ist damit als strukturelle Information potenzieller Ausgangspunkt weiterer Wirkprozesse. Das Wirken struktureller Information bringt einen wie auch immer gearteten Rezipienten ins Spiel, in dem sich eine Wirkung entfalten kann: So kann ein Buch als Träger struktureller Information erst dann eine Wirkung entfalten, wenn es von jemandem gelesen wird. Und es ist im Allgemeinen davon auszugehen, dass die Wirkung einer strukturellen Information rezipientenspezifisch unterschiedlich ist.

Um dem Aspekt des Wirkens struktureller Information Ausdruck zu verleihen, finden Begriffe der Semiotik¹² im Kontext der Information Anwendung. Syntaktische Information ist solche strukturelle Information, die in der Art von Zeichen und Symbolen repräsentiert ist. Semantische Information hingegen trägt dem Umstand Rechnung, dass syntaktische Information zunächst dekodiert bzw. interpretiert werden muss, da die einer syntaktischen Information zugrunde liegenden Zeichen und Symbole für sich

¹² Die Semiotik kann als allgemeine Lehre von Zeichen, Zeichensystemen und damit in Zusammenhang stehenden Wirkprozessen in Natur und Kultur verstanden werden. Sie beschreibt damit genau die Ausgangslage, die sich im Zuge des Betrachtens der Wirkung struktureller Information ergibt, soweit diese symbolischen Charakter hat, also auf biologischer oder sozialer Ebene angesiedelt ist (vgl. DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR SEMIOTIK).

genommen bedeutungslos sind. Zur Verdeutlichung trägt hier das sogenannte semiotische Dreieck bei (siehe Abb. 16).

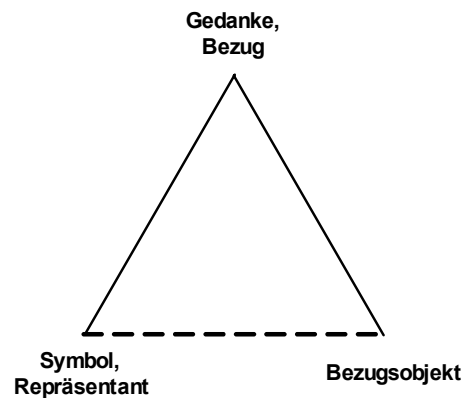


Abb. 16: Das semiotische Dreieck (in Anlehnung an OGDEN / RICHARDS 1923)

Zwischen Symbol bzw. Repräsentant und Bezugsobjekt besteht keine direkte Beziehung (gestrichelte Linie in Abb. 16). Erst in den Gedanken der Menschen und der als Begriff bezeichneten gedanklichen Repräsentanz des Bezugsobjektes wird die Verbindung des Symbols zu einem Bezugsobjekt hergestellt. Die semantische Information erschließt sich also erst nach Interpretationsprozessen und meint, dass die syntaktische Information sich eigentlich auf ein Drittes bezieht bzw. dieses repräsentiert¹³. Letztlich erfordert ein solches Hervorbringen semantischer Information aus struktureller Information einen gewissen Grad an Gemeinsamkeit bzw. Zusammenhang von Entstehungsprozess der strukturellen Information und Interpretationsprozess des Rezipienten, der, wie bereits ausgeführt, in einer zum Teil gemeinsamen Evolutionsgeschichte liegen kann. Im alltäglichen Miteinander der Menschen ist klar: Man muss schon die gleiche Sprache sprechen. Interpretiert man semantische Information eher im Sinne einer Bedeutung für einen Rezipienten und weniger im vorrangigen Sinne einer Hindeutung auf etwas Drittes, so ist diese nicht von nachfolgend dargestellter pragmatischer Information unterscheidbar.

Unter pragmatischer Information wird im Allgemeinen solche Information verstanden, die Wirkung entfaltet. Im vielleicht ursprünglichen Sinne der Semiotik zeigt sich diese

¹³ In der alltäglichen zwischenmenschlichen Kommunikation funktioniert dies meist reibungslos und implizit, der jeweilige Handlungs- und Kommunikationskontext ermöglicht Interpretationen und vermindert die Möglichkeiten der Fehldeutungen (z. B. von Homonymen) erheblich. Dabei ist es unerheblich, ob die gedankliche Repräsentanz als eine Funktion spezieller Symbole oder aber als ein „in Erscheinung tretender (emergenter) globaler Zustand“ (VARELA / THOMPSON / ROSCH 1992, S. 26) des Menschen insgesamt oder dessen Gehirns angenommen wird.

Wirkung darin, dass der Rezipient struktureller Information aufgrund dieser dann Handlungen unternimmt. Die Pragmatik kann natürlich auch darin liegen, dass sich das Wirken zunächst in der Gestalt veränderter mentaler Prozesse manifestiert. Mit pragmatischer Information wird dem Umstand Rechnung getragen, dass zwar die Bedeutung einer Information im Zuge von Interpretationen konstruiert werden kann, das dabei Hervortretende ggf. aber praktisch und pragmatisch keinen Unterschied macht, nicht von Relevanz ist¹⁴.

Letztlich liegt der Unterscheidung semantischer und pragmatischer Information im Kontext menschlichen Kommunizierens ein Denkmodell zugrunde, das die Phasen des Empfangens syntaktischer Information, des Bildens semantischer Information im Zuge von Dekodierungs- und Interpretationsprozessen sowie schließlich des Schaffens pragmatischer Information im Zuge abgeleiteter Konsequenzen unterscheidet. Im Lichte autopoietischer Selbstorganisationsprozesse menschlicher Gehirne erscheint diese Trennung zumindest konstruiert. Jeder wie auch immer geartete Interpretationsprozess wirkt; er ist irreversibel, hinterlässt Spuren, die z. B. die Erinnerung an den Prozess des Interpretierens oder dessen Ergebnis ermöglichen. Mit Blick auf die schon angeführten Definitionen der Information als Unterschied, der einen Unterschied macht bzw. als innere Wirkungen organisierende Wirkung ist festzustellen, dass der Prozess der Information notwendiger Weise eine wie eben dargestellt verstandene pragmatische Information einschließt. So auch ROTH: *„Ich verstehe hier unter Information und Bedeutung eines Signals die Wirkung, die dieses Signal auf die Struktur und Funktion eines neuronalen kognitiven Systems hat, mag diese Wirkung sich in Veränderungen des Verhaltens oder von Wahrnehmungs- und Bewusstseinszuständen ausdrücken.“* (ROTH 1991, S. 360). Für ROTH ist strukturelle Information, wie das ungelesene Buch, keine Information. Information ist nur das, was in einem betrachteten Rezipienten wirkt.

Weiter ist zu hinterfragen, inwieweit sich eine derartige semiotische Trennung auch auf biologischer oder physikalisch-chemischer Ebene aufrecht erhalten lässt. Nach HOFKIRCHER findet sich diese dreifaltige Differenzierung nur auf der sozialen Ebene wieder, während auf der Ebene biologischer Informationsprozesse semantische und pragmati-

¹⁴ Beispielsweise ist dies in der Regel bei Staumeldungen der Fall, die sich auf Straßenzüge beziehen, die von einem nicht genutzt werden.

sche Information nicht zu unterscheiden sind und auf der Ebene unbelebter Materie keine Differenzierungen vorzunehmen sind (vgl. HOFKIRCHNER 1998, Kapitel 3). Im Gegensatz dazu steht die folgende physikalische Interpretation syntaktischer und semantischer Information: In quantenmechanischer Perspektive wird der durch die Wellenfunktion aufgespannte Raum möglicher Zustände als syntaktische Information bezeichnet. Im Zuge einer durch einen Beobachter durchgeführten Messung kollabiert die Wellenfunktion, der so gewonnene Messwert wird dann als semantische Information bezeichnet (vgl. HENNING 2004, S. 203). Eine auch in diese Richtung zielende Aussage findet sich bei FUCHS-KITTOWSKI: „Die physikalischen Gesetze eröffnen Möglichkeitsfelder, innerhalb derer Informationen die Lebensprozesse organisieren.“ (FUCHS-KITTOWSKI 2005, S. 7). Und mit Blick auf soziale Systeme führt LUHMANN aus: „Information ist ein Ereignis, das Systemzustände auswählt. Informationsgewinnende und -verarbeitende Systeme wirken dabei selbstreferenziell mit. Das kostet Zeit.“ (LUHMANN 1984, S. 102, vgl. auch WOLKENSTEIN 1990, S. 184).

Letztlich gibt es zum einen einen statischen Aspekt der Information: Es gibt etwas, das potenziell Wirkung entfalten kann, man kann es mit struktureller Information oder syntaktischer Information bezeichnen. Und es gibt zum anderen einen rezipientenspezifischen dynamischen Aspekt der Information, in dem diese einen Prozess des Wirkens erstgenannter Information beschreibt und dann als semantische oder pragmatische Information bezeichnet wird.

2.1.3 Gebundene und freie Information

Kennzeichen komplexer Prozesse der Selbstorganisation sind spezifische Mechanismen der Informationsverarbeitung, die sich im Zuge von Ritualisierungen herausgebildet haben. Auf der Ebene biologischer Systeme ist dies die Speicherung und Weitergabe genetischer Informationen mittels DNA, deren Weiterentwicklung im Zuge der Phylogenese in der Art genetischen Lernens erfolgt¹⁵. Weiter kann die spezifische Konnektiv-

¹⁵ Hier wäre es allerdings falsch anzunehmen, dass die Gestalt eines Individuums innerhalb der syntaktischen Struktur der DNA vollständig vorgeprägt und kodiert wäre. Vielmehr sind hier weitere im Zuge der Ontogenese selbst produzierte wie auch durch die Umwelt gegebene Substanzen wirksam, die die Interpretation der DNA beeinflussen und so zu einem selbstorganisierten Prozess der Ontogenese führen (vgl. FUCHS-KITTOWSKI 2005, S. 10).

tät der Neuronen unserer Gehirne als ein solches System betrachtet werden, das in seiner syntaktischen Struktur Information darstellt. Weitere autopoietische Systeme finden sich im Bereich der Hormon- und Immunsysteme. Auf der Ebene sozialer Systeme findet sich der Aufbau mentaler Begriffssysteme durch individuelles neuronales Lernen im Zuge der Ontogenese sowie der sozialen Kommunikation mit Hilfe von Symbolen wie eben Lauten, Bildzeichen, Schriftzeichen usw. (vgl. EBELING / FEISTEL 1994, S. 69 ff.).

Eine besondere Qualität der Informationsverarbeitung ist darin zu sehen, dass Information von ihrem Bedeutungszusammenhang entfesselt als freie Information in Erscheinung tritt, indem strukturelle Information einem im Prinzip austauschbaren Informationsträger (wie z. B. der DNA) aufgeprägt wird, dessen Funktion ausschließlich eben das Tragen von Information ist. Auf diese Weise lässt sich im Zuge von Generation und Interpretation solcher Botschaften eine lose informationelle Kopplung gleichartiger oder differenzierter Teilsysteme realisieren. Die Bedeutung und Wirkung einer solchen Information im Sinne der Semantik und Pragmatik ergibt sich aus der entwicklungsgeschichtlichen Verwandtschaft der Teilsysteme. Sie ist durch die im evolutionären Prozess hervorgegangenen strukturellen und funktionalen Ähnlichkeiten und Zusammenhänge der Teilsysteme begründet und gegeben (vgl. ROTH 1991, S. 362).

Im Gegensatz zu freier Information ist gebundene Information „... untrennbar mit der physikalischen Natur des Zustandes, der sie repräsentiert, verbunden.“ (EBELING / FEISTEL 1994, S. 56). Gebundene Informationen sind beispielsweise solche, die ein mit den menschlichen Sinnen durch Betrachtung oder in Interaktion wahrnehmbares gegenwärtiges materielles Etwas unmittelbar über sich selbst liefert, z. B. durch optische oder akustische Signale, die mit seiner physikalischen Erscheinungsform verbundenen sind. Die uns umgebenden Dinge wie auch Menschen mit ihrer Sprache, Mimik, Gestik usw. liefern solche Informationen. Das charakteristische Merkmal ist, dass die materielle Welt hier über sich selbst unmittelbar informiert und dass derartige Informationen für einen Menschen nur innerhalb von dessen sinnlicher Reichweite gewonnen werden können, es sich also im Prinzip immer um synchrone Prozesse des Seins der Dinge und ihrer Wahrnehmung handelt. Solche unmittelbaren Informationen können eher flüchtig, wie eine kurze Bemerkung in einem Gespräch, oder relativ stabil, wie das Aussehen eines Hauses, sein.

Der menschlichen Wahrnehmung zugängliche Formen freier Information sind beispielsweise Bücher oder auch Fotos. Diese Informationen beziehen sich nicht auf eben dieses Buch oder das Stück Fotopapier als deren physikalische Träger, wie es in der Kategorie der gebundenen Informationen der Fall ist, sondern auf etwas Drittes. Der physikalische Träger ist damit im Prinzip austauschbar. Durch derartige Informations-Objekte gelingt es, die Beschränkungen der im Prinzip Gegenwart erfordernden gebundenen Information aufzubrechen wie auch ideelle Konstrukte des menschlichen Geistes zu einer physikalischen Repräsentanz zu verhelfen. Information wird vom eigentlichen Referenten bzw. Bezug losgelöst und auch im Rahmen technischer Prozesse verarbeitbar. Abhängig von der Art des gewählten physikalischen Trägers lassen sich wenigstens folgende auch in Kombinationen auftretende Zwecke solcher Informations-Objekte benennen:

- Bewahrung und Speicherung flüchtiger Informationen, z. B. durch ein Foto oder auch durch eine Aktennotiz, die einen wichtigen Gedanken sichern soll
- Transport von Informationen, z. B. durch Briefe oder in der Art des Fernsprechens oder Fernsehens
- Vervielfältigung und Verbreitung von Informationen, beispielsweise in der Art von Büchern
- Abbildung von Gedanken, Gefühlen und Meinungen von Menschen, die für sich genommen keine extrakorporale physikalische Repräsentanz haben
- Verdeutlichung, Hervorhebung, Betonung bzw. Überzeichnung bestimmter Informationen
- Verarbeitung mittels Maschinen

Hinsichtlich der Erzeugung freier Information in der Art wie auch immer beschaffener Informations-Objekte ist zu unterscheiden, ob diese mittels „trivialer Maschinen“ oder auch unter Beteiligung „nicht trivialer Maschinen“ erzeugt werden (vgl. VON FOERSTER 1993, S. 244 ff.). Trivial erzeugte Repräsentationen entstehen in der Art determinierter und in der Regel gleichartig ablaufender technischer Prozesse, wie das Erstellen eines Fotos oder das Digitalisieren und Speichern von Audiosignalen. Der Einfluss der erzeugenden Maschine auf die repräsentierte Information ist kalkulierbar (siehe Abb. 17).

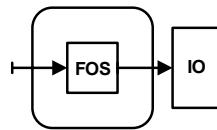


Abb. 17: Triviale Erzeugung von Informations-Objekten

Nicht trivial erzeugte Repräsentationen entstehen als Ergebnis kognitiver Prozesse, sind also Konstruktionen des menschlichen Wissens und Handelns. Hier ist nicht kalkulierbar, welche Interpretations- und Deutungsvorgänge der Repräsentation zugrunde liegen. Somit sind nicht trivial erzeugte Informations-Objekte immer auch mit einem schwer fassbaren Anteil an Informationen über den Erzeuger behaftet.

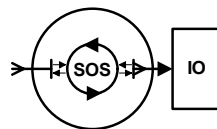


Abb. 18: Nichttriviale Erzeugung von Informations-Objekten

Zudem kann man Informations-Objekte dahingehend unterscheiden, ob sie ihr Bezugsobjekt in quasi analoger Weise mehr oder weniger vollkommen *ikonisch* abbilden, indem sie einen identischen Sinneseindruck bei einem Menschen hervorrufen, oder ob sie in quasi digitaler Art einen speziellen Code oder eine Sprache zur Beschreibung verwenden, also *symbolisch* repräsentieren. Besondere Spielarten freier Information sind sequenzielle Informationen, wie sie z. B. geschriebene Texte oder in gewisser Perspektive auch digitale Objekte darstellen. Letztere können z. B. durch Symbolisierungsprozesse höherer Ordnung entstehen, indem dann Zeichen einer Schriftsprache neue Zeichen in der Art digitaler Muster zugeordnet werden.

2.2 Digitale Objekte

Digitale Informations-Objekte haben die besondere Eigenschaft, in vergleichsweise loser Kopplung zu ihrem Informationsträger zu stehen¹⁶. Von jeder digital gespeicherten Information, auch wenn diese fest an ein physikalisches Objekt wie eine CD-ROM gebunden ist, lassen sich von der Ursprungsinformation nicht unterscheidbare Klone

¹⁶ Heute übliche Träger digital gespeicherter Informationen sind Speicher-ICs, CDs, DVDs und magnetisch speichernde Festplatten. Des Weiteren sind natürlich auch elektromagnetische Wellen immer dann temporäre Träger digitaler Informationen, wenn es um Transport bzw. Übertragung geht.

erzeugen, die dann als identische Kopie auf einen anderen physikalischen Träger wandern. Zudem werden auf den heute üblichen Trägern digitaler Informationen derart hohe Informationsdichten realisiert, dass ein Träger in der Regel eine Vielzahl unterschiedlichster semantischer Einheiten digitaler Informationen speichert. Der Umstand, dass semantische Einheiten digitaler Informationen in keiner Weise mit einem bestimmten physikalischen Träger dauerhaft in Verbindung gebracht werden können, liefert den zentralen Bezugspunkt zur Definition und Abgrenzung digitaler Objekte.

Digitale Objekte sind von spezifischen materiellen Manifestationen befreite digital codierte semantische Einheiten struktureller Information. Sie erfahren ihre Begrenzung und Abgrenzung im Gegensatz zu Dateien nicht aus den Eigenheiten eines Dateisystems, sondern aus ihrer Bedeutung für einen Menschen oder auch zur Steuerung eines Computersystems:

- Eine mit Grafiken und Texten versehene Webseite ist ein Beispiel für ein digitales Objekt, das in der Regel aus mehreren Dateien besteht, wobei einzelne Bestandteile der Webseite, wie die Grafiken, für sich genommen wiederum digitale Objekte sind.
- Ein anderes Beispiel für ein oft über mehrere Dateien verteiltes digitales Objekt ist ein Computerprogramm. Natürlich lassen sich die unterschiedlichen Dateien eines Programms auch zu einer Datei zusammenpacken, das digitale Objekt ist dabei das gleiche geblieben.

Digitale Objekte sind also semantische Aggregate aus Zeichen im Regelfall binärer Kodierung und können ggf. auch andere digitale Objekte beinhalten. Sie können einzelnen Dateien sowie Teilen oder Gruppen von Dateien entsprechen und in ihren spezifischen Formen als strukturelle Informationen aufgefasst werden.

Digitale Objekte sind auch eine spezielle Form von Objekten im Sinne der Informatik, die sich des Objekt-Begriffes in eher pragmatischer Weise bedient. Nach BALZERT ist ein Objekt im Kontext der Software-Entwicklung ein „individuelles Exemplar von Dingen ..., Personen ... oder Begriffen der realen Welt ... oder der Vorstellungswelt ...“ (BALZERT 1999, S. 106). Objekte werden insbesondere in der objektorientierten Softwaretechnik als Modellierungseinheiten verwendet, um Programme zu erzeugen. Sie sind die Akteure in einer informatischen Kunstwelt, die nur zum Teil reale Entsprechungen hat. Manche Objekte treten als informatische Repräsentanten realer Dinge und

Personen auf. Andere Objekte entspringen oder entsprechen ideellen Konstrukten oder existieren, weil es einer Problemlösung dienlich ist. Dem Ursprung nach ist auch jedes informatische Objekt ein mehr oder weniger mittelbares Produkt mentaler Prozesse der Informationsentstehung.

Digitale Objekte sind digital und damit im Zusammenhang mit den weltumspannenden Computernetzen und -systemen durch Eigenschaften gekennzeichnet, die sich signifikant von denen gegenständlicher Objekte unterscheiden. Sie lassen sich im Rahmen der verfügbaren Netze weitgehend unabhängig von materiellen und topografischen Beschränkungen kopieren und transportieren. Weiter lassen sie sich jederzeit nahezu beliebig verändern, ohne dass es ihnen im Nachhinein auch nur irgendwie anzumerken wäre. In ihrer äußeren Gestalt sind digitale Objekte gleichförmig und ohne Bezug zum Inhalt. Sie sind für Menschen nur mittelbar unter Nutzung der entsprechenden IKT-Systeme zugänglich und effizient nutzbar (vgl. Abb. 5).

Im Kontext digitaler Bibliotheken bezeichnen digitale Objekte dort gespeicherte Dokumente (vgl. AKSCYN / WITTEN 1998). Hier hat auch der sogenannte *Digital Object Identifier* (DOI) seinen Ursprung. Er wird verwendet, um digitale Objekte eindeutig zu kennzeichnen und insbesondere auch um intellektuelle Rechte an diesen zu sichern (vgl. DOI-Website). Zur Vereinheitlichung digitaler Objekte soll der MPEG-21-Standard als ein allgemeines Rahmenwerk für deren Erzeugung, Freigabe und Handel beitragen. Dieser definiert *Digital Items* als die Untermenge der digitalen Objekte, die in Strukturierung und Darstellung den MPEG-21-Richtlinien genügen (vgl. MPEG-Website). Im Umfeld des Internets wird hingegen häufig von (digitalen) Ressourcen gesprochen. Gemeint sind damit die im Rahmen des Internets und anderer Dienste verfügbaren digitalen Objekten. Schließlich ist noch eine im Kontext dieser Arbeit bedeutsame weitere Untermenge digitaler Objekte anzuführen, die in Unterkapitel 3.1 eingehender thematisiert wird: Ein Lern-Objekt ist nach WILEY „... any digital resource that can be reused to support learning.“ (WILEY 2001).

Mit der Benennung *digitale Entitäten* ist im Kern ein Synonym für *digitale Objekte* gegeben. Philosophisch zielt der Begriff der Entität auf das Dasein von Etwas im Unterschied zu dessen Wesen ab (vgl. Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, 2001). Insoweit könnten *digitale Entitäten* das in digitaler Form Seiende bezeichnen. Allerdings findet die Benennung *Entität* auch im Zusammenhang mit der im Bereich des Datenbankentwurfs gebräuchlichen Modellierungsmethode *Entity Relationship*

Modell (ER-Modell) seit vielen Jahren Verwendung. Hier werden Entitäten als identifizierbare und unterscheidbare Dinge begriffen, die im Rahmen des ER-Modells dann eine Konzeptualisierung erfahren (CHEN 1976). Dieses prägt die Bedeutung der Entität in einer eher einschränkenden Weise aus, so dass letztlich die Bezeichnung *digitale Objekte* angemessener erscheint.

2.2.1 Entstehung und Funktion digitaler Objekte

Die in Abschnitt 2.1.2 angestellten grundsätzlichen Betrachtungen zur trivialen und nichttrivialen Entstehung von Informations-Objekten lassen sich auf den Kontext digitaler Objekte übertragen. In einem solchen Szenario stellen die Menschen (M) die selbstorganisierten Systeme und die IKT-Systeme die fremdorganisierten Systeme dar, die Informations-Objekte sind hier nun digitale Objekte. Blick man auf die Anfänge des Computerbaus zurück, so sind die ideellen Ursprünge natürlich wiederum Ergebnis mentaler Prozesse der Informationsentstehung in den Köpfen von ZUSE und anderen Pionieren auf diesem Gebiet. Der Bau der ersten Computer und damit der Ahnen heutiger IKT-Systeme war das Werk unmittelbarer menschlicher Handarbeit (siehe Abb. 19).

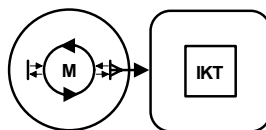


Abb. 19: Originäre Erzeugung eines IKT-Systems durch Menschen (M)

Und auch die ersten digitalen Objekte entstanden im Zuge menschlichen Denkens und waren auch menschlichen Sinnen noch unmittelbar zugänglich. So wurden sogenannte Lochkarten in Handarbeit in geeigneter Weise mit Lochmustern und damit Bitmustern versehen. Dies war ohne Probleme möglich, da sich die Speicherdichte auf wenige Bit pro Quadratzentimeter beschränkte. Derartige Lochkarten markieren im Prinzip den Übergang vom Informations-Objekt zum digitalen Objekt. Im Gegensatz zu heute üblichen digitalen Objekten ist hier noch eine recht starke Bindung zum physikalischen Träger der strukturellen Information gegeben, die erhebliche Einschränkungen in der Kopierbarkeit, Transportierbarkeit wie auch Modifizierbarkeit mit sich bringt (siehe Abb. 20).

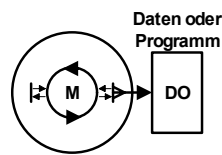


Abb. 20: Originäre Erzeugung eines digitalen Objektes durch Menschen (M)

Eine in die Gründerzeit des Computerbaus zurückreichende fundamentale Differenzierung digitaler Objekte ist die in *Programme* und *Daten*: Erstere enthalten strukturelle Information zur Steuerung eines IKT-Systems. In diesen ist beispielsweise eine Abfolge von Bitmustern hinterlegt, die die Maschine zu bestimmten Operationen wie z. B. unterschiedliche Rechenschritten veranlasst (siehe Abb. 21). Auf Letztere werden die durch das Programm festgelegten Transformationen angewandt, wobei das Ursprungsobjekt nicht unbedingt verändert wird. Häufig tastet das IKT-System in durch das Programm festgelegter Weise ein als Eingabe zu verstehendes digitales Objekt ab und generiert daraus nach Maßgabe des Programms als Ausgabe ein weiteres digitales Objekt. Dieser Prozess ist vollständig determiniert und damit kein Prozess der Informationsentstehung.

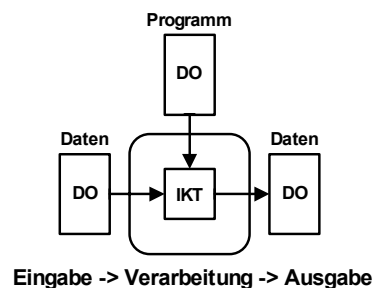


Abb. 21: EVA-Prinzip

Abb. 21 visualisiert diesen auch als EVA-Prinzip bekannten Zusammenhang. Dabei ist zu beachten, dass die Unterscheidung von Daten und Programmen nur bezogen auf den konkreten Einzel- und Anwendungsfall sinnvoll ist. Programme sind letztlich Informationen bzw. Daten, die den Verlauf der Verarbeitung steuern. Betrachtet man heute gebräuchliche Entwicklungs- bzw. Programmiersysteme, so sind die in diesen verarbeiteten Daten in der Regel Programme, die z. B. von einer für Menschen lesbaren Hochsprache in eine für die jeweilige Maschine passende Maschinensprache umgewandelt werden¹⁷. Im Zusammenhang mit dem EVA-Prinzip steht der Begriff der Datenverarbei-

¹⁷ In diesem Kontext werden in der Regel zwei grundsätzliche Rechnerarchitekturen unterschieden: Während die VonNeumann-Architektur Daten und Programme in einem gemeinsamen Bereich speichert, unterscheidet die

tung bzw. der Elektronischen Datenverarbeitung (EDV). Dieser wurde zu Zeiten, als der Begriff der Informatik und der damit verbundenen Informationsverarbeitung noch nicht verwandt wurde, umfassend für alle computerbasierten maschinellen Prozesse verwendet. Heute wird vornehmlich dann von Datenverarbeitung gesprochen, wenn die durch die Daten repräsentierten Informationen keinen wesentlichen Einfluss auf den Verlauf der Verarbeitung haben. Geläufig sind Begriffe wie Datensicherung, Datenschutz, Datenübertragungsraten usw. Von Informationsverarbeitung wird vornehmlich dann gesprochen, wenn der Verlauf der Verarbeitung auch durch die vorzufindenden Daten bzw. aus diesen gewonnene Verarbeitungsergebnisse determiniert wird und z. B. Alternativen im Verarbeitungsverlauf auslöst (z. B. *Springe zum Befehl an Adresse xy, wenn das Ergebnis des letzten Verarbeitungsschrittes 0 ist*). Hier beeinflussen dann sowohl die strukturellen Informationen des Programms als auch die strukturellen Informationen der Daten den Verlauf der Verarbeitung. Informationsverarbeitung beschreibt heute im Kern letztlich genau dass, was auch Datenverarbeitung schon immer gemacht hat (vgl. RECHENBERG 2003, S. 325). Abhängig von den als Eingabe-Daten repräsentierten Informationen werden unterschiedliche Verarbeitungsschritte vollzogen.

Eine weitere in Zusammenhang mit der sogenannten *Künstlichen Intelligenz* zu findende Variante der Einbeziehung struktureller Information in den Verlauf der maschinellen Verarbeitung von Informationen zeigt Abb. 22. Hier beeinflusst ein als Informationsbasis oder auch als Wissensbasis bezeichnetes weiteres digitales Objekt den Verlauf der Verarbeitung der Eingangsinformationen und der Generierung von Ausgangsinformationen. Dieses digitale Objekt hat im Prinzip die Funktion eines Gedächtnisses, welches statisch oder auch im Zuge von Rückkopplungsmechanismen in der Art eines *maschinellen Lernens* dynamisch veränderbar ausgeprägt sein kann. Auf diese Weise versucht man, Computer zumindest in Grenzen in die Lage zu versetzen, nicht präterminierte Verarbeitungsweisen zu zeigen, mithin in dieser speziellen Perspektive informationserzeugend zu erscheinen.

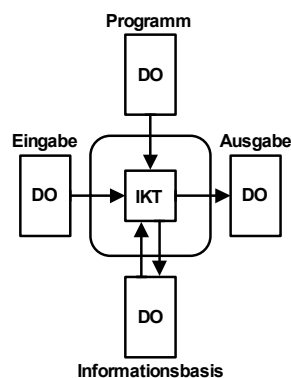


Abb. 22: IKT-Systeme mit Informations- bzw. Wissensbasis

Dabei werden zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansätze verfolgt, die deutliche Bezüge zu Modellen der menschlichen Kognition zeigen. Die kognitivistische Variante setzt auf eine symbolische Informationsverarbeitung. Die Informations- oder Wissensbasis ist dann beispielsweise eine domänen- oder problemspezifische Ontologie, die mit Hilfe von formalen Wissensrepräsentationssprachen Informationen über Eigenschaften und Zusammenhänge eines betrachteten Ausschnittes der realen Welt in einer für Computer nutzbaren Weise abbildet. Diese *extrakorporale* Wissensbasis soll dann ein *intelligentes* Schließen der dann gerne als wissensbasiert bezeichneten Computersysteme ermöglichen, so wie analog auch subjektgebundene Wissensstrukturen als notwendige Voraussetzung intelligenter Verhaltensweisen ihrer Träger angesehen werden.

Die konnektivistische Variante setzt auf einen subsymbolischen Ansatz. In Anlehnung an Strukturierungen des Gehirns werden sogenannte *Neuronale Netze* erzeugt. Diese bestehen aus einer Vielzahl verschalteter, relativ simpel gehaltener Funktionseinheiten, die in ihrem Zusammenspiel ein emergentes Verhalten zeigen können, das über die Möglichkeiten der einzelnen Bestandteile hinausgeht. Die Strukturierung der Netze erfolgt über Rückkopplungsmechanismen. Insgesamt haben sich die vielfach gehegten Hoffnungen der Erzeugung *intelligenter* Maschinen allerdings nicht erfüllt, wenngleich im Rahmen eng begrenzter Problemfelder, wie beispielsweise dem Schachspiel, entsprechend eng ausgerichtete Expertensysteme zu erstaunlicher Leistungsfähigkeit gebracht werden.

Die heute vorzufindenden hochkomplexen IKT-Systeme sind Ergebnis einer Innovationsspirale, in der insbesondere neu erschaffene IKT-Systeme als Werkzeug der Erschaffung wiederum neuerer und komplexerer Systeme dienen. Die heute realisierbaren Speicherdichten von bis zu 30 GBit pro Quadratzentimeter und zugehörige Speicher-

technologien entziehen sich nachhaltig menschlichen Sinnen (vgl. FEDDERN 2005, S. 182). Gleiches gilt für die im Computerbau und hier insbesondere im Bereich der Herstellung von integrierten Schaltkreisen verwendeten Halbleiterstrukturen im Nanometerbereich, die bei Mikroprozessoren zu Strukturen aus mehreren hundert Millionen Transistoren geführt haben. Im Ergebnis sind digitale Objekte den Menschen nurmehr mittelbar zugänglich, als Mittler fungiert hier das sogenannte *Human Interface* des IKT-Systems, das Eingaben über Tastatur, Maus, Mikrofon usw. ermöglicht und in entsprechende digitale Objekte umsetzt. Ausgaben erfolgen beispielsweise über Bildschirm, Drucker und Lautsprecher, hier werden dann digitale Objekte in den menschlichen Sinnen zugängliche Informations-Objekte überführt (siehe Abb. 23).

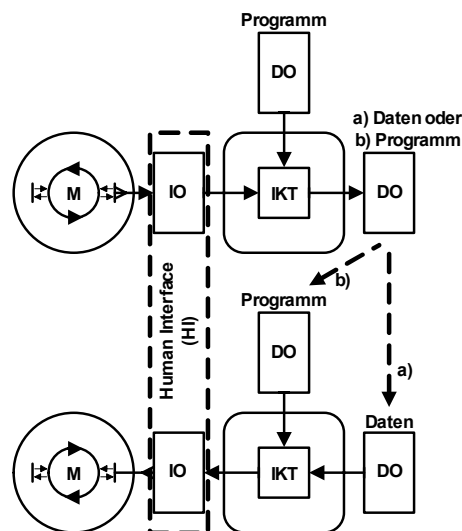


Abb. 23: Grundprozesse der Mensch-Maschine-Interaktion

Vielfach dient die Mensch-Maschine-Interaktion nur noch als auslösendes Ereignis zum Vollzug von maschinellen Verarbeitungsprozessen, die dann weitgehend ohne menschliche Einflüsse ablaufen und durch zuvor von den Menschen geschaffene Programme determiniert sind. Genau hierin liegt das Besondere des IKT-Einsatzes. Einmal geeignet beschriebene Prozesse laufen fortan ohne menschliches Zutun automatisiert ab. Zudem kann erst durch die Entkopplung maschineller Verarbeitung von der Interaktion mit dem Bediener die immense Verarbeitungsgeschwindigkeit der Maschinen nutzbar gemacht werden. Beispielhaft kann hier ein digital arbeitender Fotoapparat betrachtet werden: Mit dem Druck auf den Auslöser startet ein komplexer Prozess. Über entsprechende Sensoren werden millionenfach bildpunktweise farbspezifische Helligkeitswerte ermittelt und in diskrete Zahlwerte überführt. Zudem wird das so entstandene digitale Abbild

mittels spezieller Kompressionsverfahren in eine zur effizienten Speicherung geeignete Form überführt. Damit ist dann ein neues digitales Objekt entstanden (siehe Abb. 24).

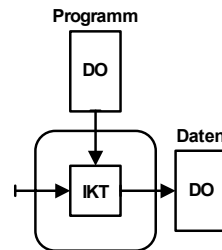


Abb. 24: Programmgesteuerte triviale Erzeugung eines digitalen Objektes

Die Organisation der heute vorzufindenden Quantitäten digitaler Objekte gelingt nur unter Verwendung von IKT-Systemen. Die durch IKT-Systeme leistbare Unterstützung hängt entscheidend davon ab, inwieweit der Zweck und die Funktion digitaler Objekte durch IKT-Systeme verarbeitbar ist. Die bisherigen Betrachtungen zeigen, dass eine Unterscheidung digitaler Objekte in Programme und Daten keine brauchbaren Aussagen darüber liefert, welche Zwecke und welche Funktionen mit Objekten verfolgt werden und ob die durch sie gegebenen strukturellen Informationen im Zuge maschineller Prozesse der Verarbeitung genutzt werden können. Aufschluss liefert hier eher der Formalisierungsgrad digitaler Objekte. Dabei kann im Normalfall ein Mindestmaß an syntaktischer Formalität digitaler Objekte vorausgesetzt werden, da eine Speicherung digitaler Objekte in der Regel unter Verwendung standardisierter bzw. im Zuge weiter Verbreitung quasi standardisierter Dateiformate wie z. B. DOC, EXE, JPG, BMP oder auch HTM erfolgt. So finden sich dann beispielsweise in einer Datei vom Typ BMP neben den Bilddaten auch Informationen darüber, in welcher Art die nachfolgenden Bilddaten abgelegt sind. Soll ein Programm ein digitales Objekt vom Typ BMP auf dem Monitor zur Anzeige bringen, so ermöglicht beispielsweise erst die in der BMP-Datei gespeicherte Zusatzinformation, mit wieviel Bit die Farbe eines Bildpunktes kodiert ist, das Bild so zur Anzeige zu bringen, dass ein Mensch es erkennen kann. Keinesfalls ist dies jedoch als ein Akt der Interpretation der strukturellen Information durch die Maschine im Sinne der in Abschnitt 2.1.2 dargestellten Semiotik zu verstehen. Vielmehr wird durch die syntaktisch formalisiert dargestellte und innerhalb eines Objektes angeordnete Farbinformation eine direkte Steuerung bzw. Parametrisierung des entsprechenden Programms zur Bilddarstellung vorgenommen. Die strukturelle Information zur Farbauflösung wird durch die Maschine verarbeitet, nicht aber gedeutet und interpretiert. Für die Maschine ist die Farbinformation kein Symbol, das im Sinne des semioti-

schen Dreiecks (vgl. Abb. 16) auf etwas Drittes hinweist und erst im Zuge einer Interpretation Semantik entfaltet. Betrachtet und interpretiert ein Informatiker die gleiche Bilddatei, so kann dieser unter Aufwendung einiger Mühe und zahlreicher Interpretationsvorgänge aus der Sequenz von Nullen und Einsen Informationen über die Farbauflösung der Bilddatei im Sinne des semiotischen Dreiecks isolieren. Die IKT-Systeme wirken nur als zwischengeschaltete mechanistische Verarbeiter und Überträger, ihr Wirken hat nur dann eine Bedeutung, wenn es in Prozesse menschlichen Denkens und Handelns eingeflochten ist und genau dafür wurden sie erdacht und geschaffen.

Bezogen auf die eben betrachtete Bilddatei ist nur ein sehr geringer Anteil der strukturellen Information dieser Datei dafür gedacht, das Programm zu steuern und zu Parametrisieren, während der Großteil der Strukturen erst in der Rezeption durch einen Menschen Wirkung entfalten kann. Ähnliche Verhältnisse gelten für DOC-Dateien, in denen der maschinenwirksame Anteil auch eher gering ist¹⁸. Im Gegensatz dazu enthalten digitale Objekte, die als Programme fungieren, fast ausschließlich maschinenwirksame strukturelle Informationen. Der Aufbau solcher Maschinenprogramme unterliegt einer strengen Syntaktik und ist vollständig formalisiert: Setzt man ein einfaches 8 Bit langes Befehlswort in dieser Maschinensprache voraus und nimmt an, dass alle damit möglichen Kombinationen belegt sind, so kann der Prozessor dadurch in 256 unterschiedlichen Weisen angesteuert werden. Jedem dieser Befehls Worte bzw. Maschinenbefehle ist dann ein spezifischer Verarbeitungsprozess zugeordnet. Ein Programm ist letztlich eine spezifische Abfolge von Maschinenbefehlen, die von Menschen erdacht und erzeugt wurde, um damit gewisse Funktionen und Wirkungen erzielen zu können. In diesem Sinne und aus der menschlichen Perspektive ist ein Programm eine semantische Einheit und damit ein digitales Objekt. Verwirrend ist hier der Begriff der Maschinensprache: Die Sprache der Menschen ist Ergebnis autopoietischer Organisationsprozesse der Gesellschaft und funktioniert auf Basis individueller autopoietischer Interpretationsprozesse. Dies ist grundsätzlich zu unterscheiden von der Sprache der Maschinen. Diese funktioniert auf das banalste Beispiel reduziert wie ein Lichtschalter, der nur die Worte *An* oder *Aus* und die zugeordneten Prozesse *Stromkreis schließen* bzw. *Stromkreis*

¹⁸ DOC-Dateien können neben dem eigentlichen Dokumententext Informationen zu Autor, Titel, Stichwörtern usw. enthalten.

öffnen kennt. Maschinen vom Typ Mikroprozessor funktionieren ähnlich. Durch Anlegen oder Eingabe bestimmter Bitmuster lassen sich unterschiedliche fest vorgegebene Operationen auslösen.

Ein weiteres Beispiel weitgehend formalisierter und nahezu vollständig maschinensteuernder struktureller Informationen sind digitale Objekte, die wie weiter oben dargestellt als Informations- oder Wissensbasis für Programme benutzt werden. Zur Formulierung von jeweils relevanten Fakten, Regeln und Zusammenhängen kommen formale Wissensrepräsentationssprachen wie die Prädikatenlogik, spezielle Programmiersprachen wie Prolog, Varianten semantischer Netze aber auch die *unscharfe* Fuzzy-Logik zum Einsatz. So können KI-Systeme dann beispielsweise auf Basis der Prädikatenlogik aus zwei Fakten wie *Alle Menschen sind sterblich* und *Peter ist ein Mensch* den Schluss *Peter ist sterblich* herstellen, was dann gerne als *Wissenserzeugung* bezeichnet wird. Letztlich handelt es sich hierbei auch nur um Maschinensprachen höherer Ordnung, mit denen anstelle des Mikroprozessors ein Programm angesteuert bzw. parametrisiert wird.

Die aus technischer Perspektive plausible Unterscheidung digitaler Objekte in solche der Kategorie *Daten* und solche der Kategorie *Programme* greift sicher zu kurz: Wie aufgezeigt gibt es auch Daten, die eher maschinenbezogen zur Steuerung der Verarbeitungsabläufe wirksam sind, wie z. B. die einer Informations- bzw. Wissensbasis. Und häufig bestehen digitale Objekte aus maschinensteuernden Bestandteilen wie auch aus solchen, die den Verlauf der maschinellen Verarbeitung nicht beeinflussen. Diese maschinensteuernden Bestandteile sind strukturelle Informationen, die Informationsverarbeitungsprozesse steuern, sie sind durch eine streng formale Syntax gekennzeichnet.

Letztlich gibt aber auch der Anteil maschinensteuernd wirksamer Bestandteile in digitalen Objekten nur unzureichend darüber Auskunft, welches nun Zweck und Funktion eines Objektes ist. Auch Zuordnungen derart, dass Programme letztlich immer für Maschinen und Daten für die Menschen bestimmt sind, sind wenig hilfreich. So sind Programme denkbar, die einen technischen Prozess berechnen und nebenläufig trickfilmartig visualisieren, um Menschen Einblicke in gewisse Zusammenhänge zu ermöglichen. Für den Menschen wäre ein derartiger technischer Ansatz nicht von einem solchen zu unterscheiden, in dem ein Programm als Abspieleinheit eines zuvor erstellten digitalen Objektes der Kategorie *Daten* bzw. *Video-Datei* fungiert. Tatsächlich dient jegliche Art der maschinellen Informationsverarbeitung unmittelbar oder mittelbar dem

Menschen bzw. wird zumindest mit dieser Absicht von Menschen veranlasst. Dabei vollzieht sich die maschinelle Informationsverarbeitung auf unterschiedlichen strukturell verkoppelten Steuerungsebenen:

- Innerhalb von Mikroprozessoren finden sich für jeden Maschinenbefehl Mikrocodesequenzen, die den Ablauf der jeweiligen maschinellen Informationsverarbeitungsprozesse steuern.
- Innerhalb von Maschinenprogrammen finden sich Sequenzen unterschiedlicher Maschinenbefehle, die als Auslöser der Mikrocodesequenzen wirken.
- Innerhalb von Daten wie Eingaben, Berechnungsergebnissen oder auch als Informations- bzw. Wissensbasis fungierenden Objekten finden sich Strukturen, die sich auf Verzweigungen und Wiederholungen in Maschinenprogrammen auswirken und somit den Programmablauf determinieren.

Diesem übergeordnet finden sich Prozesse menschlichen Denkens und Handelns, also Prozesse der Informationsentstehung. Zur Unterstützung dieser können Menschen dann bedarfs- und zweckorientiert maschinelle Prozesse der Informationsverarbeitung zur Ausführung bringen.

IKT-Systeme benötigen von Interpretationsspielräumen befreite, möglichst vollständig formalisierte digitale Objekte. Sie werden durch eine maschinelle Sprache angesteuert, die durch eine in ihren Spielarten endliche, be- und abgegrenzte wie eindeutig definierte und damit formalisierte Syntaktik gekennzeichnet ist. Aus menschlicher Perspektive ist solchen Maschinensprachen eine Art *digitale Semantik* unterlegt, während die den Menschen gebräuchliche Semantik eher *analoge* Eigenschaften zeigt. Die im Zuge einer Verbalisierung notwendige Abbildung einer analogen Semantik auf ein diskretes Repräsentationssystem *Sprache* geht immer auch mit einem Verlust an Information einher und bereitet gelegentlich durchaus Schwierigkeiten. Die Verständigung gelingt häufig dennoch, da das Verstehen in der zwischenmenschlichen Kommunikation auch auf einem höheren Niveau stattfindet, als es der Sprache zu entnehmen ist. Ungleich schwieriger ist das Abbilden des Gleichen auf eine Maschinensprache. Vieles lässt sich nicht einfach ausdrücken, auf ein Verstehen der Maschine ist nicht zu hoffen.

Menschen bedürfen einer beispielsweise an Erkenntnissen der Mediendidaktik ausgerichteten Gestaltung digitaler Objekte, um diese möglichst effektiv nutzen und an diesen

lernen zu können. Primär auf Menschen abzielende digitale Objekte sind oft in natürlicher Sprache abgefasste Textdokumente, wie sie in milliardenfacher Ausführung im Internet anzutreffen sind. Neben solchen durchaus noch syntaktisch bedingt formalen Texten sind vielfach auch syntaktisch wenig formale Bilder, Grafiken, Audio- und Video-Dokumente vorzufinden und dem Verstehen der Menschen sehr zuträglich, während diese Art der digitalen Objekte für die maschinensteuernde Verarbeitung durch Computersysteme zu den ungeeignetesten Formen gehört. Allerdings können auch Menschen durch einen gewissen Grad an Formalisierung profitieren, wie die Sprachen der Menschen zeigen. Und es gibt durchaus auch Bemühungen, durch Etablierung stärkerer Formalisierungen, z. B. in der Ausprägung spezifischer Fachterminologien, Vorteile zu erzielen.

Das ideale digitale Objekt weist auf den unteren Wirkebenen maschinensteuernde formale Strukturen auf und ist auf der Präsentations- und Interaktionsebene des Human Interface für den Menschen geeignet gestaltet.

2.2.2 Quantität digitaler Objekte

Die uns umgebende Quantität digitaler Objekte beruht insbesondere darauf, dass viele digitale Objekte im Prinzip global sichtbar und nutzbar sind, während materiell manifestierte Informations-Objekte, wie z. B. Bücher und Zeitschriften, nur lokal begrenzt betrachtbar sind. Die tragende technologische Säule der bisherigen und Zielpunkt der künftigen Entwicklung in der Konvergenz der Medien ist das Internet (vgl. FELDAFIN-GER KREIS 2002). Ein Blick auf statistische Daten offenbart das Ausmaß der Entwicklung.

Die Zahl der allein in Deutschland permanent an das Internet angeschlossenen Computer lag im Oktober 2004 bei 3.021.130. Die Zahl der unterhalb der Top-Level-Domain *DE* vergebenen Domänen-Namen lag für den April 2005 bei immerhin 8.646.538. Diese Zahl mag zumindest eine Größenordnung bezüglich der Firmen, Institutionen und Personen, die potenziell Informationen im Internet zur Verfügung stellen, liefern (vgl. DENIC-Website). Das Statistische Bundesamt hat für das erste Quartal 2002 ermittelt, dass 43 Prozent der deutschen Haushalte über einen Internet-Zugang verfügen (STATISTISCHES BUNDESAMT 2003, S. 10), eine andere Studie ermittelt mit 44 Prozent der Haushalte für Juni 2002 einen ähnlichen Wert (NFO INFRATEST GERMANY 2003,

S. 128). Für das Jahr 2003 nutzen 62 Prozent der deutschen Unternehmen das Internet, immerhin 32 Prozent der deutschen Unternehmen sind im Internet mit einer Web-Präsenz zu finden (STATISTISCHES BUNDESAMT 2003b, S. 9). Im Bereich der Zuständigkeit des RIPE¹⁹ lag die Zahl der permanent am Internet angeschlossenen Computer bei 25.789.356 (vgl. RIPE-Website). Die Zahl der weltweit im DNS-System zugeordneten IP-Adressen lag im Januar 2005 bei 317.646.084 (vgl. ISC-Website).

Auf am Internet angeschlossenen Computern lagen im Januar 2003 allein innerhalb des World Wide Web etwa 6 Milliarden Seiten, wovon die zu dem Zeitpunkt leistungsfähigste Suchmaschine *Google* etwa 3 Milliarden Seiten indexiert hatte (NOTESS 2003). Zumindest Hinweise auf die Art der im Internet erreichbaren digitalen Objekte liefert eine etwas ältere Untersuchung von LAWRENCE / GILES aus dem Jahr 1999, die auf 83 Prozent der Seiten kommerzielle Inhalte ausmachte. Weitere Kategorien zeigt Abb. 25.

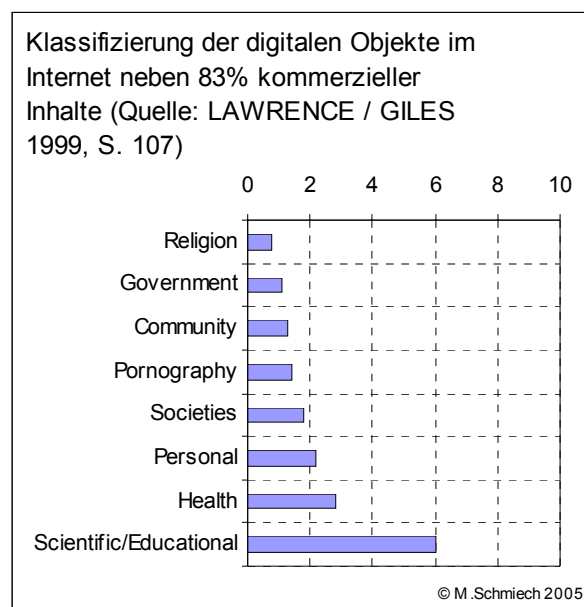


Abb. 25: Klassifizierung der digitalen Objekte im Internet neben 83 Prozent kommerzieller Inhalte (Quelle: LAWRENCE / GILES 1999, S. 107)

Nur ein Teil der existenten digitalen Objekte ist im Internet öffentlich und ohne Zugangsrestriktionen verfügbar. Daneben gibt es umfangreiche Angebote von Informationsdienstleistern wie beispielsweise *GENIOS-Wirtschaftsdatenbanken* oder auch *Fachinformation Technik*. Der Zugang zu solchen Datenbanken ist in der Regel kostenpflich-

¹⁹ Dies sind Europa, der Nahe - und der Mittlere Osten und Teile Asiens (die frühere UdSSR).

tig und erschließt sich erst nach einer Authentifizierung. Der wohl weit überwiegende Teil digitaler Objekte ist nicht-öffentlich oder gar nicht im Netz verfügbar. Hierzu zählen sicherlich interne digitale Objekte von Firmen und anderen Institutionen wie insbesondere auch all die digitalen Objekte auf den unzähligen privat oder auch beruflich genutzten PCs. Die Gesamtzahl von allein im Jahr 2002 ausgelieferten 132,4 Millionen PCs lässt weltweit auf eine Größenordnung von etwa einer Milliarde PCs schließen (vgl. HEISE-ONLINE).

Digitale Objekte werden zunehmend zur universellen Repräsentationsart von freien Informationen. In den heute nahezu vollständig IKT-basierten Produktionsprozessen auch tradierter Medien bilden digitale Objekte die Druck- bzw. Kopiervorlage. Diese dann noch öffentlich verfügbar zu machen, ist nur noch ein kleiner Schritt, der jedoch nicht vollzogen wird, wenn dadurch wirtschaftliche Interessen gefährdet werden. Zeitschriften und Bücher finden also, wenn gewollt, mühelos den Weg ins digitale Abbild. So sind selbst renommierte Enzyklopädien wie *Brockhaus* und *Britannica* in der Version des jeweiligen Vorjahres bereits für nahezu einstellige Eurobeträge auf CD bzw. DVD zu erwerben und ersetzen im Prinzip mehrere Regalmeter Papier. Bereits zahlreiche Zeitungen und Zeitschriften bieten parallel zur gedruckten - eine digitale Version ihrer Publikationen an. Diese ist entweder im Netz abrufbar oder wird beispielsweise als Jahresband gesammelt auf CD geliefert. Ein Abonnement der Zeitschrift *Informatik-Spektrum* berechtigt gleichzeitig zum Bezug einer im Netz abrufbaren digitalen Version. Für etwas mehr als jährlich 100€ erhält man als Mitglied der Gesellschaft für Informatik zusätzlich Zugriff auf die digitale Bibliothek der *IEEE Computer Society*. Diese beinhaltet Beiträge aus 20 ausgewählten Zeitschriften seit 1988, 1000 Tagungsbänden ab 1995 sowie über 78000 Fachartikel und Dokumente. Dies mag im engen Sektor des wissenschaftlich orientierten Publikationswesens vielleicht nicht verwundern. Mittlerweile bietet jedoch selbst ein kundenseitig in der Breite aller Bevölkerungsschichten verankertes Haus wie der *Schleswig-Holsteinische Zeitungsverlag* ein sogenanntes *e.abo* an. Dieses berechtigt für einen Aufpreis von 1€ zum Preis des Standard-Abonnements zum netzbasierten Zugriff auf digitale Ausgaben aller 15 Tageszeitungen des Verlages (vgl. SHZ). In letzter Konsequenz mündet diese Entwicklung in einem ausschließlich in Form digitaler Objekte vollzogenen Publikationswesens. Unzählige solcher E-Journale, E-Magazine usw. finden sich bereits im Internet, Verzeichnisse von Verzeichnissen solcher digitaler Publikationen sollen helfen, den Überblick zu wahren

(vgl. UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA LIBRARY). Die papierbasierte Ausgabe reduziert sich hier auf die Option, einen Ausdruck vorzunehmen. Selbst hier bahnt sich mit der Weiterentwicklung sogenannten elektronischen Papiers ein Wandel an.

Ein zunehmend digital vollzogenes Publikationswesen bedarf natürlich eines darauf abgestimmten Bibliothekssystems, welches zumindest Zugriff und Archivierung angemessenen ausgestaltet. Digitale Bibliotheken stellen den Versuch dar, das bewährte Konzept traditioneller Bibliotheken mit den Vorzügen digitaler Objekte und den Möglichkeiten von IKT-Systemen zu verbinden. AKSCYN / WITTEN definieren digitale Bibliotheken wie folgt: „A collection of digital objects, including text, video, and audio, along with methods for access and retrieval, and for selection, organization and maintenance of the collection.“ (AKSCYN / WITTEN 1998). Staatliche Fördermaßnahmen zur Forcierung der Forschungsaktivitäten haben allein in Deutschland zu etwa 300 Projekten im Umfeld digitaler Bibliotheken geführt (vgl. DIGITAL LIBRARY FORUM). Sind digitale Bibliotheken auch meist über Internet-Portale erreichbar, so führen sie derzeit noch eine Art Eigenleben, da Ihre Inhalte nicht unbedingt für die im Internet agierenden Suchprogramme transparent sind. Zudem weisen sie einen im Gegensatz zum Internet hohen Grad an Organisation auf und oft finden auch unterschiedliche Verfahren der Qualitätssicherung Anwendung. Praktisch finden sich vielerlei Spielarten digitaler Bibliotheken (vgl. GIETZ 2001), die Grenzen zu *Quality Controlled Subject Gateways* bzw. zu *fachwissenschaftlichen Portalen* sind fließend (vgl. WINKLER 2001). An dieser Stelle sei auch das *Internet Archiv* angeführt, dass die umfassende Archivierung der im Internet verfügbaren digitalen Objekte zum Ziel hat und damit dem Verlust bedeutsamer kultureller Artefakte einer jeden Zeit vorbeugen will. Im Internet Archiv lassen sich einst im Internet verfügbare digitale Objekte mittels Eingabe einer URL wie eines Zeitfensters abrufen (vgl. INTERNET ARCHIVE).

Eine erhebliche Anzahl digitaler Objekte dürfte aufgrund der Nutzung elektronischer Post zustande kommen. Diese ist durch immense Wachstumszahlen gekennzeichnet, zu erwartende Mechanismen zur Realisierung valider digitaler Unterschriften dürften hier weiteren Vorschub leisten. Schon im Jahr 2002 wurden täglich etwa 12,5 Milliarden geschäftliche wie etwa 8 Milliarden private E-Mails empfangen, für das Jahr 2006 wird eine Gesamtanzahl von 36 Milliarden empfangenen E-Mails prognostiziert (IDC 2002, entnommen aus FARRENT 2002). Jede E-Mail ist ein digitales Objekt, das es ggf. bedarfsorientiert wieder aufzufinden gilt.

Hier anzuführen ist auch der Bereich der Bild- und Ton-Medien, der laufend neue digitale Objekte erzeugt. Während qualitativ minderwertige und an Material gebundene analoge Kopien duldbar waren, führen die mit einem Mausklick zu erzeugenden digitalen Kopien der schon seit deutlich mehr als einem Jahrzehnt zum größten Teil digital auf CD vorliegenden Musikproduktionen zu erheblichen Verwerfungen in der gesamten Branche. Und auch das Monopol der Fernsehsender an der Verbreitung lautuntermalter Bewegtbilder ist gebrochen. Im Prinzip kann heute jeder mit einer simplen digitalen Kamera lokale Bilder und Töne in Echtzeit global verfügbar machen.

Abschließend ist noch auf den Bildungssektor zu verweisen, der zunehmend von den Vorzügen digitaler Objekte Gebrauch zu machen beginnt. Zahlreiche universitäre Vorlesungsskripte wie auch schulische Lern- und Unterrichtsmaterialien sind im Internet zu finden. Portale bieten einen speziell auf die Bedürfnisse des Bildungssektors zugeschnittenen Zugriff auf Sammlungen bildungsrelevanter digitaler Objekte bzw. Lern-Objekte (vgl. Abschnitt 3.1.3).

2.2.3 Aspekte der Organisation und Nutzung digitaler Objekte

Bezogen auf die menschlichen Sinne haben die aus digitalen Objekten hergestellten Reproduktionen des zu Sehenden und zu Hörenden bereits eine gute Qualität erreicht, hier sind geeignete technische Systeme zur *Aufnahme* und *Wiedergabe* verfügbar. Brauchbare Abbilder des zu Tastenden, zu Schmeckenden und zu Riechenden erscheinen nahezu unmöglich. Aus Sicht des Menschen treten vielfach mehr oder weniger vollkommene digitale Surrogate an die Stelle realer Erfahrungen. Zur Kennzeichnung solcher technisch vermittelter Realitäten wird häufig das Attribut *virtuell* verwendet. So finden in sogenannten virtuellen Kooperationen durchaus reale, jedoch telematisch vermittelte Kooperationsvorgänge statt. Für den Menschen hat diese Virtualisierung weitreichende Konsequenzen, die HENTIG als „Verschwinden der Wirklichkeit“ beschreibt (HENTIG 2002).

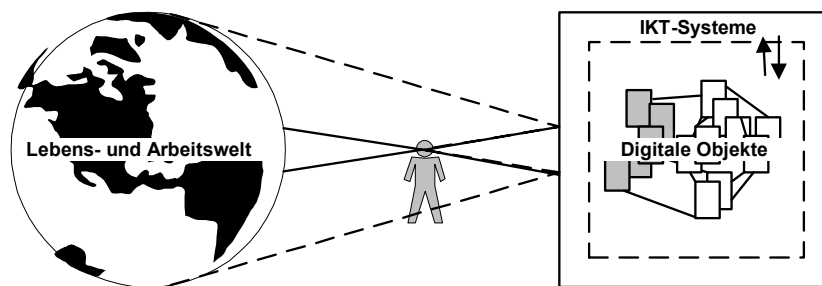


Abb. 26: Reale und virtuelle Reichweite des Menschen

Abb. 26 deutet diese telematisch beförderte Transformation an. Sie zeigt die Reichweite des Menschen in seiner materiellen, sozialen und ideellen Umwelt. Diese ist real durch die Reichweite seiner Sinne begrenzt, erfährt jedoch mittels zunehmend verfügbarer digitaler Repräsentationen der Wirklichkeit eine virtuelle Globalisierung (gestrichelte Linie in Abb. 26). Einem durch die Sitzungszeit am Terminal erzeugten Weniger an unmittelbaren, alle Sinne ansprechenden Erfahrungen steht ein erhebliches Mehr an mittelbaren und benannte Sinne ausgrenzenden Erfahrungen gegenüber.

Die virtuelle Reichweite des Menschen ist im Kern global. Mit ihr geht eine erhebliche Zunahme der Informationsmenge einher, die der in seinen Dispositionen unveränderte Mensch unter Verlust unmittelbarer Erfahrungen zu bewältigen hat. Dabei sind digitale Objekte durch eine gewisse Hermetik gekennzeichnet. Die datentechnische Repräsentanz digitaler Objekte ist ungeachtet der darin geborgenen Informationen uniform, es handelt sich um Sequenzen binärer Zustände, Abfolgen aus Nullen und Einsen. Die Nutzung digitaler Objekte ist nur mittels geeigneter Computersysteme möglich. In diesen Systemen erscheinen digitale Objekte in der Regel als durch Namen, Namenserverweiterung, Datum, Größe usw. gekennzeichnete Dateien. Die Anwendung herkömmlicher Verfahrensweisen und Ordnungssysteme erscheint vielfach unzulänglich. Sehr wichtige wie nahezu bedeutungslose Objekte stehen häufig und kaum unterscheidbar gleichrangig nebeneinander. Der versehentlich in den realen Papierkorb geratene bedeutsame reale Aktenordner rückt unverzüglich ins Bewusstsein und wird wohl den Weg zurück ins Regal finden, während der bedeutsame virtuelle Dateiodner im virtuellen Papierkorb nur ein Eintrag unter Vielen ist und mit der nächsten Leerung wohl rückstandslos beseitigt wird.

Die Handlungs- und Gestaltungskompetenz der Menschen wird zunehmend durch digitale Objekte beeinflusst, denn die „... Bedeutung der Information als Wirtschaftsfaktor steigt enorm an.“ (BMBF 2002, S. 5). Heute können bereits mehr als 50 Prozent der

Beschäftigten dem Sektor *Information* zugerechnet werden (vgl. Abb. 27). Dem effizienten Umgang der Menschen mit digitalen Objekten kommt damit eine Schlüssel-funktion zu.

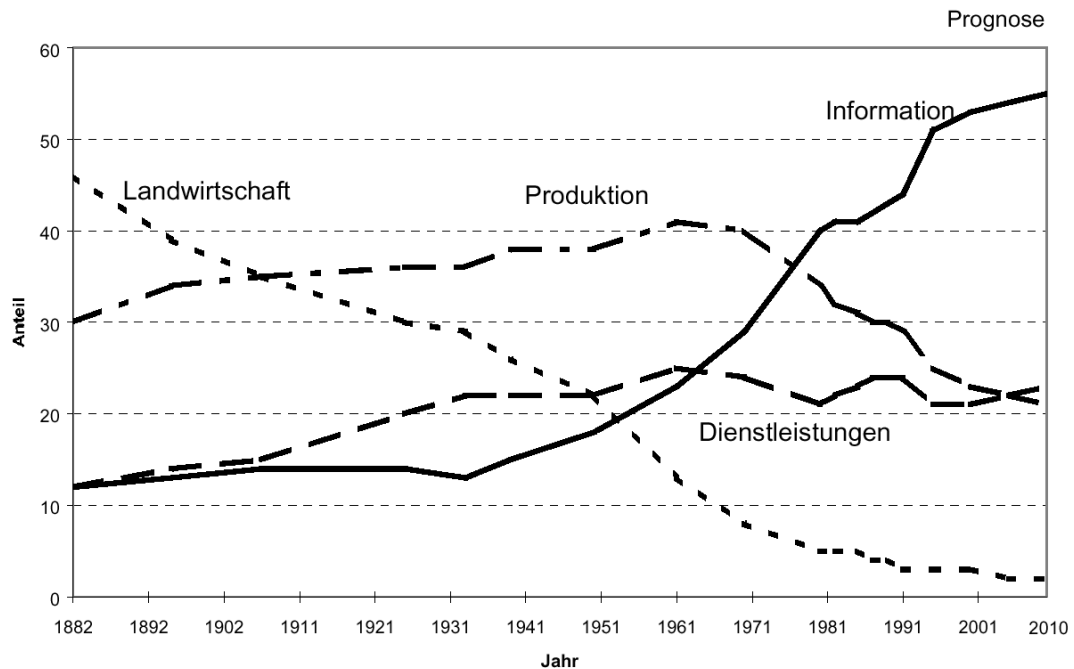


Abb. 27: Entwicklung der sektoralen Erwerbstätigkeit (Quelle: DOSTAL 2001, S. 4)

Information wird immer weniger in der unmittelbaren Interaktion mit realen Gegebenheiten und im sozialen Austausch gewonnen. Sie liegt zunehmend in Form digitaler Objekte vor, wobei eine Art Mangel im Überfluss konstatiert werden kann: Während Informationen insgesamt im Überfluss vorhanden zu sein scheinen, ist der Zugriff auf jeweils benötigte spezielle Informationen eher schwierig (vgl. auch REINMANN-ROTHMEIER 2000, S. 12)²⁰. Diese scheinbare Paradoxie ist auch Gegenstand der folgenden Metapher, die dem Zukunftsforscher JOHN NAISBITT zugeschrieben wird:

„Wir ertrinken in Informationen,
aber uns dürstet nach Wissen.“

Mit *Wissen* ist ein weiterer Begriff benannt, der im gegebenen Kontext von Menschen und der Organisation digitaler Objekte in inflationärer Weise und vielfältigen Kombina-

²⁰ So findet beispielsweise die Suchmaschine GOOGLE das deutschsprachige Wort *Wissensmanagement* in über 200000 Dokumenten im Internet. Wahrscheinlich verbergen sich in dieser Vielzahl an Fundstellen geeignete Informationen, diese sind in der Regel jedoch nur unter sehr hohem Aufwand auffindbar.

tionen verwendet wird und einer Abgrenzung zum Begriff der Information bedarf. Die Rede ist beispielsweise von einer *Wissensgesellschaft* mit *Wissensarbeitern*, *Wissensmanagern*, *Wissensbrokern* und *wissensbasierten IKT-Systemen*, in der man sich in *Wissensnetzwerken* organisiert, *Wissen* managt und *Wissensportale* zum Zugriff auf *Wissensmedien* nutzt. Die Aufzählung macht deutlich, dass eine dem allgemeinen Sprachgebrauch gerecht werdende und eindeutige Definition des Begriffs Schwierigkeiten hervorruft.

Einen ersten Zugang liefert die Beschreibung der Wirkung von Wissen: „... *mit Hilfe von Wissen vermag ein Individuum nicht nur die Welt zu interpretieren, sondern auch gezielt auf seine Umwelt einzuwirken. Einerseits die Folge von Lernprozessen, bildet Wissen jedoch auch eine Voraussetzung für Lern-, Denk- und Problemlöseprozesse. ...*“ (BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT & F. A. BROCKHAUS AG, 2001). Hier zeigt sich die eher traditionelle Sicht des Wissens als etwas mit Individuen verbundenes, das diese entscheidungs- und handlungsfähig macht: „Wissen ist eine Ansammlung begrifflicher Strukturen, die sich innerhalb des Erfahrungsbereichs des Subjekts als ... viabel erwiesen.“ (VON GLASERSFELD 1997, S. 178). Wissen erwächst aus Erfahrungen eines Individuums in der handelnden Auseinandersetzung mit der Umwelt. Es ist somit auch als ein abstraktes Maß für den Reichtum und die jeweilige Verfügbarkeit geeigneter bzw. für das Individuum bedeutsamer Interpretations- und Handlungsschemen zu verstehen und beschreibt damit dann auch die Fähigkeit eines Individuums, auf unterschiedlichste externe Anforderungen zu reagieren, mithin Probleme zu lösen. Das subjektspezifische Erwerben von Wissen ist ein Prozess autopoietischen Informationserzeugung. „*Wissen lässt sich nicht vermitteln, es lässt sich nicht als eine Art Gegenstand, eine Sache oder ein Ding begreifen, das man - wie Zucker, Zigaretten, Kaffee - von A nach B transferieren kann, um in einem Organismus eine bestimmte Wirkung zu erzeugen.*“ (VON FOERSTER 1998, S. 70).

Eine allgemeinere und innerhalb der Domäne der Informatik wie auch im Kontext des weiter unten noch näher zu beleuchtenden Wissensmanagements verbreitete Definitionen des Wissens liefert ENDRES: „Wissen sind Objekte und Modelle, die wir für wahr und nützlich halten, da sie die Welt in und um uns erklären und unser Handeln vernünftiger werden lassen.“ (ENDRES 2003, S. 196). Im Gegensatz zu den bisherigen Ausführungen kann Wissen dieser Definition folgend auch als Modell oder Objekt vorliegen,

ist mithin nicht notwendigerweise als Eigenschaft eines Individuums zu verstehen. Eine ähnlich Sichtweise findet man bei REINMANN-ROTHMEIER. Sie unterscheidet ein

- statisch-objektartiges Informationswissen, das man in Büchern, digitalen Objekten aber auch in Menschen als explizites Wissen findet und ein
- prozessartiges implizites Handlungswissen, welches in individuellen oder kollektiven problemlösenden Handlungen Anwendung und Ausdruck findet,

in deren Spannungsfeld viele Variationen des Wissens zu finden seien. Dabei sei insgesamt ein Überfluss an Informationswissen und ein Mangel an Handlungswissen festzustellen (vgl. REINMANN-ROTHMEIER 2000, S. 11 f.).

Unter Würdigung der bisherigen Betrachtungen wie mit Blick auf die weiteren Ausführungen trägt es nicht zur Klarheit bei, auch Informations-Objekte im Allgemeinen wie digitale Objekte im Speziellen als spezifische Formen des Wissens zu begreifen und die Begriffe Information und Wissen zum Teil synonym oder in einer Kombination wie *Informationswissen* zu verwenden. Im Weiteren soll Wissen daher als etwas notwendig mit Individuen Verknüpftes verstanden werden. Wissen beschreibt so die Fähigkeit bzw. das Maß an Vermögen eines Individuums, die Umwelt im eigenen Sinne zu nutzen und zu gestalten bzw. auf Anforderungen des Lebens im eigenen Sinne angemessen zu reagieren. Sie beschreibt den Grad an erfahrungsbedingter Informiertheit eines Individuums. Wissenserwerb ist ein Prozess der Informationsentstehung, der z. B. durch digitale Objekte unterstützt werden kann. Information ist potenzielles Wissen.

Mit Blick auf den eingangs angeführten Ausspruch NAISBITTS wird deutlich: Auf der einen Seite ist ein Überfluss an digitalen Objekten und durch deren Struktur repräsentierte Informationen zu verzeichnen. Viele dieser Objekte können von den Menschen mittelbar syntaktisch wie semantisch aufgeschlüsselt werden. Oft fehlt allerdings der Nutzen und die praktische Relevanz für die Bewältigung der alltäglichen Herausforderungen. Auf der anderen Seite ist die Bewältigung der alltäglichen Herausforderungen an ein oft hohes Maß an spezifischen Informationen gebunden und es ist ein Mangel an solchen Informationen zu verzeichnen, die eine Denk- und Problemlösungsprozesse befördernde Informationsentstehung ermöglichen, da entweder ein geeignetes Objekt nicht verfügbar ist oder es in der Masse der Objekte nicht gefunden werden kann.

Die kontext- und subjektspezifisch geeignete Bereitstellung digitaler Objekte bettet sich in die generelle Herausforderung ein, sowohl verfügbare Informations-Objekte als auch insgesamt das sehr spezifische Wissen und damit Handlungs- und Problemlösungsvermögen einzelner Menschen geeignet zusammen zu führen und optimiert wirksam werden zu lassen, um z. B. die Stellung eines Unternehmens im Wettbewerb zu verbessern oder auch Lernprozesse zu optimieren. Dieser Herausforderung nimmt sich das Wissensmanagement an, welches „... Wissensprozesse im Spannungsfeld zwischen Information und Handeln zu beeinflussen ...“ (REINMANN-ROTHMEIER 2000, S. 16) trachtet. Hierfür relevante Prozesse werden im Münchner Modell des Wissensmanagements in vier Phänomenbereiche gebündelt, wobei, wie weiter oben bereits angedeutet, ein erweiterter Wissensbegriff, der auch Informations-Objekte einschließt, zugrunde gelegt wird:

- *„Wissensrepräsentation: Wissen zugänglich, sichtbar, transportierbar, begreifbar machen. ...*
- *Wissensnutzung: Wissen anwendbar machen, zu Entscheidungen und Handlungen führen. ...*
- *Wissenskommunikation: Wissen austauschen, verteilen, vernetzen, in Bewegung bringen. ...*
- *Wissensgenerierung: Information zu handlungsrelevantem Wissen machen; Ideen hervorbringen.“* (REINMANN-ROTHMEIER 2000, S. 18 ff.).

Auch dem viel zitierten Modell des Wissensmanagements nach TAKEUCHI / NONAKA liegt ein derartig weit gefasster Wissensbegriff zugrunde (vgl. Abb. 28).

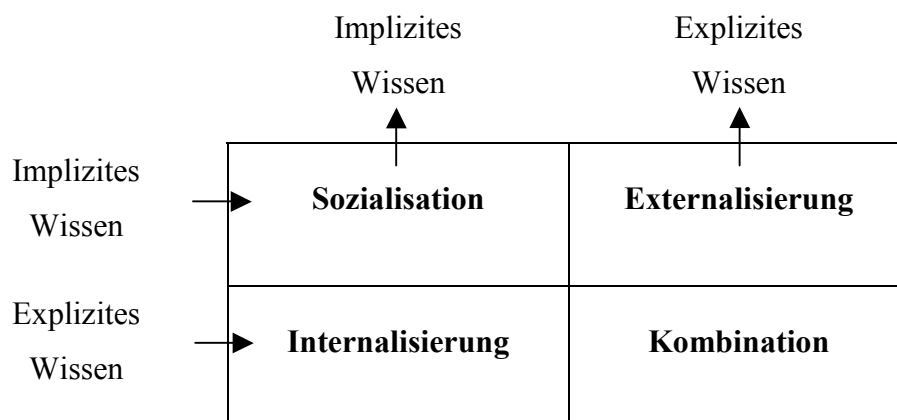


Abb. 28: Vier Wege der Wissensumwandlung (in Anlehnung an TAKEUCHI / NONAKA 1995, S. 146)

Es unterscheidet implizites und explizites Wissen und trägt damit im Besonderen dem Umstand Rechnung, dass das Wissen und Können der Menschen nicht unbedingt verbalisierbar, abbildbar und damit transportier- und kommunizierbar ist, sondern im Zuge von Erfahrungen erworben bzw. gebildet werden muss. Im Ergebnis finden sich bei TAKEUCHI / NONAKA nachstehende vier Prozesse, die zur *Generation* von Wissen führen:

- *Externalisierung* beschreibt den Prozess des ins Bewusstsein Tretens des Wissens und ist die Voraussetzung dafür, beispielsweise ein als Wissensrepräsentation fungierendes Informations-Objekt zu erzeugen. Dies gelingt bei einfachen Fakten- und Regeln recht gut, während sich Erfahrungen diesem Prozess weitgehend verschließen.
- *Internalisierung* beschreibt den zur Externalisierung entgegengesetzten Prozess. Es geht darum, unter Zuhilfenahme von explizitem Wissen (Informations-Objekten) implizite Wissensstrukturen aufzubauen.
- *Kombination* beschreibt die Verknüpfung unterschiedlicher sogenannter externalisierter Wissensbestände (Informations-Objekte) zu neuem Wissen (wiederum Informations-Objekte), wie es im Prinzip auch IKT-Systeme betreiben.
- *Sozialisation* bezeichnet den Erwerb impliziten Wissens in der konkreten Erfahrung wie z. B. der Begegnung mit Experten. Auf diese Weise kann auch solches Wissen erworben werden, das sich einer Externalisierung entzieht (vgl. TAKEUCHI / NONAKA 1995, S. 147 ff.).

Ein Blick auf die eben dargestellten Prozesse macht deutlich, dass Wissensmanagement immer als ein integrales Konzept von Maßnahmen personeller, organisatorischer wie auch technologischer Art zu begreifen ist (vgl. ALBRECHT 1993). Die Organisation und das Management digitaler Objekte stellt einen Teilbereich des Wissensmanagements dar, der bezugnehmend auf die bereits geleisteten begrifflichen Eingrenzungen treffender als Informationsmanagement bezeichnet werden kann. Eine ausführliche Darstellung hier gebräuchlicher Strukturierungen und Bezüge findet sich bei KRCMAR (vgl. KRCMAR 1996, S. 28 ff.), der zusammenfassend zu folgender Auffassung kommt: Informationsmanagement beinhaltet Managementaufgaben auf den Ebenen

- Informationswirtschaft (Angebot, Nachfrage und Verwendung von Information),

- Informationssysteme (Daten, Prozesse, Anwendungslebenszyklus) und
- Informations- und Kommunikationstechnik (Speicherung, Verarbeitung, Kommunikation, Technikbündel).

wie über alle Ebenen hinweg Führungsaufgaben (Strategien, Organisation, Personal und Controlling) (vgl. KRCMAR 1996, S. 46 f.). Dieser Vorstellung folgend sind die Begriffe Informations- und Wissensmanagement kaum klar voneinander abzugrenzen. Man kann sie als unterschiedliche Sichten und Perspektiven betrachten, wobei Wissensmanagement Menschen mit deren Fähigkeiten und informationellen Bedürfnissen in den Mittelpunkt stellt, während im Informationsmanagement die Information als zentral betrachtet wird.

Wird Informations- und Wissensmanagement auch häufig als ein unternehmensbezogen verordneter Ansatz zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit gesehen, so finden sich daneben jedoch auch zahlreiche informelle, oft weitgehend selbstorganisierte personale Netzwerke (vgl. REINMANN-ROTHMEIER 2000, S. 23 ff.). *Communities of Practice* sind derartige soziale Gemeinschaften, deren Teilnehmer ähnliche Interessen und Zielsetzungen haben. Sie bilden für die Gemeinschaft typische Praktiken und Wissensstrukturen aus und sind durch den Wert geprägt, den die Teilhabe in der Gemeinschaft den Teilnehmern bietet (vgl. WENGER 1998, vgl. COIL-WEBSITE). Mit der oft netzbasierten Arbeitsweise dieser personalen Netzwerke ist die Kommunikation auf das digitale Abbildbare beschränkt. *Wissensnetzwerke* sollen die Nutzung verteilten Wissens ermöglichen (vgl. HAUB / MIRTSCHINK 2002). Berufsbezogene Online-Communities werden als Weg gesehen, das arbeitsplatznahe informelle Lernen zu fördern (vgl. ZINKE 2003, vgl. BIBB: FORSCHUNGSPROJEKT 3.4.102, vgl. BIBB- FORUM FÜR AUSBILDERINNEN UND AUSBILDER). Wikis sind im Web zu findende digitale Objekte, die im Prinzip Jeder über den normalen Internet-Browser verändern und fortschreiben kann. Die freie Enzyklopädie *Wikipedia* ist ein Beispiel, wie mit Hilfe eines solchen Ansatzes eine Art gemeinsamer Informationspool geschaffen werden kann (vgl. WIKIPEDIA, DIE FREIE ENZYKLOPÄDIE).

Neben der tragenden Rolle digitaler Objekte in kooperativen Ansätzen haben diese auch in individuellen Ansätzen des Managements von Informationen eine große Bedeutung (REINMANN-ROTHMEIER 2000b, GREIF 2001). Sie spielen hier beispielsweise die Rolle kognitiver *Prothesen*, die den individuellen Arbeits-, Lern- und Erkenntnisprozess

durch Externalisierung konservieren, um dann in Momenten des Bedarfs das einst Gewusste effizient zu rekonstruieren, Verlerntes durch Rückgriff auf frühere Arbeitsergebnisse effizient wieder zu erlernen.

2.2.4 IKT-Systeme und digitale Objekte

IKT-Systeme sind im Zusammenhang mit der von Menschen zu bewältigenden Masse digitaler Objekte in gewisser Weise zugleich Ursache, Werkzeug und auch Lösungsträger. Wie schon dargelegt gilt es idealtypisch, einer Person die zu einer Zeit benötigten Informationen in Form geeigneter digitaler Objekte bereit zu stellen. Die grundsätzliche Schwierigkeit besteht darin, dass ein IKT-System dazu Kenntnisse über die Bedarfe des zu unterstützenden Menschen und darüber, mit welchen Objekten dieses in die angestrebte Richtung weiterentwickelt werden könnte, haben müsste, um zielgenau agieren zu können.

Grundsätzlich können unterschiedliche Verfahren des Zugriffs auf digitale Objekte unterschieden werden. Verbreitet ist, dass Menschen mittels bestimmter Schlüsselwörter nach digitalen Objekten suchen, wie es auch die Internet-Suchmaschinen anbieten. Alternativ kann die Recherche auch unter Ausnutzung thematischer Verzeichnisse oder navigierend mittels Verknüpfungen zwischen den Objekten erfolgen. Auf diese Weise erschließt sich dem Suchenden das Umfeld, in dem eine betrachtete Information eingebettet ist. Schließlich gibt es Systeme, die den Menschen initiativ benachrichtigen, wenn zu einem bestimmten Themengebiet neue Informationen verfügbar sind (vgl. RATH 2003, S. 5). Hierzu ist es natürlich erforderlich, Informationen über die Bedarfe der einzelnen Nutzer eines Systems zu erfassen und zu speichern. Im Kontext von Lern-Management-Systemen wird diesem Umstand dadurch Rechnung getragen, dass zu jedem Lernenden Datensätze angelegt werden (vgl. IEEE-LTSC P1484.1/D9 2001).

Es finden sich zahlreiche Softwarelösungen auf dem Markt, die den Menschen bei der Bewältigung der geschilderten und weiterer Aufgaben im zielgerichteten Umgang mit digitalen Objekten unterstützen und einen geeigneten Zugriff ermöglichen wollen. Unterschiedliche Spielarten sind zu beobachten, die in gewisser Weise ein Spiegel der technischen Entwicklung sind und oft erst im integralen Zusammenspiel zu brauchbaren Lösungen führen. Auf der Ebenen des Datenmanagements spielen Fragen des effizienten Zugriffs, der Konsistenz und der Archivierung von Daten eine zentrale Rolle. Dem

überlagert ist das Management monolithischer Dokumente (PDF-Dateien, Word-Dateien usw.), aber auch sogenannter *Assets* (Bilder, Audio- und Video-Dateien). Nicht selten sind nur Teile der in Dokumenten zu findenden Informationen von Interesse. Ein aus der Nutzersicht naheliegender Wunsch ist es daher, möglichst alle in unterschiedlichen Objekten verfügbaren Informationen zu einem bestimmten Thema bzw. Inhaltsbereich geliefert zu bekommen. Dieser Anforderung Rechnung tragend, zeichnet sich Content Management im klassischen Sinne durch eine gewisse Modularität der Inhalte aus, die den Zugriff auf Inhaltsteile eines oder auch mehrerer Dokumente ermöglicht. Workflow-Systeme sollen Menschen im Verlauf strukturierter Arbeitsprozesse unterstützen, indem sie situationsabhängig geeignete digitale Objekte bereitstellen. Learn-Content-Management-Systeme verwalten in der Art von Lern-Objekten gestaltete digitale Objekte. Weitere Bereiche der Unterstützung durch Software sind Versions- und Link-Management und auch das Management von Ontologien.

In der Ausgestaltung entsprechender Software-Werkzeuge stößt man auf Probleme, die im Kern die von TURING aufgeworfene Frage „Can machines think?“ (TURING 1950) betreffen und man stellt alsbald fest, dass die Sinndimension der primär für Menschen erstellten digitalen Objekte den verarbeitenden Maschinen jedenfalls vorerst verschlossen ist und dies eine prinzipielle Beschränkung der Qualität der möglichen Unterstützung zur Folge hat. Ein populäres Beispiel für die Beschränktheit des Maschinellen und die derzeitige Antwort auf TURINGS Frage liefern *Captchas*. Sie dienen dazu, Menschen von Computern zu unterscheiden, um z. B. einen Missbrauch durch maschinelles Anlegen tausender E-Mail-Adressen durch ein Programm zu verhindern. *Captchas* sind Aufgaben, die ein Mensch nahezu unmittelbar und eine Maschine gar nicht oder nur durch ein schlichtes Probieren lösen kann. Letzteres lässt sich durch eine Begrenzung der möglichen Versuche ausblenden (vgl. SCHWELLINGER 2003).

Die prinzipiellen Defizite von Computersystemen im Umgang mit wenig - oder nicht formalisierten digitalen Objekten zeigt ein Blick auf das Internet als sicher größte Sammlung wenig strukturierter Objekte. Erstaunt auch so manches mal die Schnelligkeit und scheinbare Omnipotenz aktueller Internet-Suchmaschinen, so unterliegt die Qualität der Ergebnisse doch prinzipiellen Beschränkungen, da die angewandten Suchverfahren auf volltextbezogene Mustervergleiche und die Anwendung logischer, statistischer und heuristischer Methoden begrenzt sind. Computersysteme können eben nicht *zwischen den Zeile* lesen und interpretieren. Ist das Schlüsselwort in einem eigentlich

passenden Objekt nicht oder als Synonym vorhanden, wird das Objekt wahrscheinlich nicht gefunden. Ist das Schlüsselwort verbunden mit der Aussage enthalten, das damit benannte Thema nicht zu behandeln, so wird das unpassende Objekt dennoch gefunden. Ein Bild-Dokument, das die benötigten Informationen visualisiert, aber nicht durch Worte beschreibt, bleibt meistens unentdeckt.

2.3 Ontologien und andere Repräsentationen semantischer Verortungen

Das eben beschriebene Unvermögen von Computersystemen in der Erfassung der Sinn-dimension schränkt die Qualität der Unterstützung von Menschen im Umgang mit digitalen Objekten erheblich ein. Abhilfe kann hier die Übertragung relevanter Teile der Semantik digitaler Objekte und der damit verbundenen Informationen in weitgehend formale Repräsentationen bringen. Aus diesem Grunde findet man im Kontext des Informations- und Wissensmanagements zwar primär wenig formale digitale Objekte, die für Menschen bestimmt sind und deren Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit verbessern sollen. Diese sind jedoch häufig um eher formale digitale Objekte ergänzt, um die Ansatzpunkte zur Unterstützung durch IKT-Systeme zu vermehren.

2.3.1 Metadaten, Vokabulare und Glossare

Ein simpler wie erfolgreicher Ansatz der Ergänzung formalisierter Informationen sind Metadaten, dem Namen nach *Daten* über *Daten*. Das Verfahren ist einfach und aus dem Bibliothekswesen seit vielen Jahrhunderten bekannt. Bibliothekskataloge halten zu jedem Buch heute digitale Karteikarten vor, die eine Vorauswahl relevanter Werke ermöglichen, ohne einen Buchdeckel aufklappen zu müssen. Der Personalausweis des Staatsbürgers ist eine weitere einprägsame Metapher des verwendeten Prinzips, solche Informationen über Objekte direkt verfügbar zu machen, die sich auf maschinell Wege nicht oder nur unter erheblichem Aufwand aus diesen extrahieren lassen. Auf das genannte Beispiel des für Suchmaschinen nicht auffindbaren Bildes angewandt könnte

dessen Bedeutung mittels zugeordneter Metadaten beschrieben werden²¹. Damit wäre das Bild im Prinzip auffindbar. Genauso könnte mit bedeutsamen Informationen verfahren werden, die im eigentlichen Objekt nur *zwischen den Zeilen* zu lesen sind.

Mit einem zunehmenden Grad der Formalisierung digitaler Objekte nehmen die Ansatzpunkte zu, leistungsfähige IKT-basierte Verfahren zu realisieren. Mit Metadaten wurde ein einfaches Konzept beschrieben, digitale Objekte mit ergänzenden Informationen zu versehen, ohne Aussagen zu deren Form zu machen. Die Optionen reichen hier von einer nicht weiter formalisierten Ergänzung potentiell bedeutungstragender Wörter hin zu einer Beschreibung von Objekten in formal vorgeprägten Metadatenkategorien wie unter Verwendung kontrollierter Vokabulare.

Ein Beispiel für Metadatenkategorien liefert die *Dublin Core Initiative*. Sie definiert 15 Metadatenkategorien zur Verbesserung der Recherchemöglichkeiten allgemeiner Objekte im Internet (vgl. Abschnitt 3.1.2). Der Vorteil einer solchen Kategorisierung der Metadaten liegt beispielsweise in der Ausblendung von Homonymen, da mittels der Kategorie ein eindeutiger Kontext vorgegeben ist. Sollen beispielsweise Objekte gefunden werden, deren Erzeuger eine Person mit dem Namen *Vogel* ist, so erlaubt der Eintrag *Vogel* in der Metadatenkategorie *Creator* im Rahmen einer Suche eine zielgenaue Selektion. Die Vielzahl irrelevanter ornitologisch ausgerichteter Objekte wird so ausgeblendet. Ein Beispiel für kontrollierte Vokabulare liefert DUBLIN CORE in der Kategorie *Type*. Um die Art von Objekten zu beschreiben, wird ein spezifisches Vokabular (Image, Sound, Text, Software, Collection, Service usw.) vorgegeben. Während die ersten Terme wohl intuitiv richtig verwendet werden könnten, zeigt sich spätestens bei den letztgenannten zwei Termen die bereits beschriebene Schwierigkeit, zu einer einheitlichen Verwendung zu kommen. Dem Rechnung tragend, sind die einzelnen Vokabeln in der Art von Glossaren mit entsprechenden Definitionen bzw. Beschreibungen versehen (vgl. DCMI-Website, WEIBEL u. a. 1998).

²¹ Bezugnehmend auf die bereits vorgenommene Definition digitaler Objekte ist die Beiordnung von Metadaten als Ergänzung des bestehenden Objektes um ein weiteres digitales Objekt aufzufassen. Das damit entstandene Gesamtgebilde ist auch ein digitales Objekt.

2.3.2 Klassifikationen und Thesauren

Ein weiterer Schritt der Formalisierung besteht darin, im Rahmen der Auszeichnung mit Metadaten auf Klassifikationen Bezug zu nehmen, wie sie beispielsweise mit dem *Dewey Decimal Classification System* aus dem Bibliothekswesen bekannt sind (vgl. DDC-Website). Mit einer solchen Zuordnung ist dann neben der Festlegung eines Themas auch eine in der Regel hierarchische themenbasierte Einordnung erfolgt, wobei den Hierarchiestufen oft eine Generalisierungs-Spezialisierungs-Relation zugrunde liegt. Ein derartig verortetes Objekt erhält zumindest in der der Klassifizierung zugrunde gelegten Dimension einen Kontext. Dieser erlaubt dann, mittels Navigation gleichartig klassifizierte und auch über- oder untergeordnete wie auch verwandte Objekte aufzuspüren, so wie auch die Ordnung einer Bibliothek oft dazu führt, in der Nähe eines betrachteten Buches weitere interessante Werke in ähnlicher Ausrichtung zu finden.

Thesauren sind den meisten IKT-Nutzern wahrscheinlich als Funktionalität in Textverarbeitungsprogrammen bekannt. Dort liefern sie eine Liste von Wörtern gleicher oder ähnlicher Bedeutung wie ggf. auch Antonyme zu einem Ausgangswort und verhelfen dem Nutzer so zu einer variableren Ausdrucksweise. Im Gegenzug ist es dann genau diese variable Ausdrucksweise von Begriffen, die das IKT-gestützte Auffinden von passenden Objekten durch syntaktischen Vergleich erschwert. Thesauren bieten dahingehend Abhilfe, als dass Sie die Suche nach einem spezifischen Begriff auf ein Ensemble synonymen bzw. verwandter Begrifflichkeiten ausweiten können. Zudem liefern Thesauren Ober- und Unterbegriffe, so dass Suchvorgänge diesen Vorgaben folgend ausgeweitet oder eingeeengt werden können und auch entsprechende Möglichkeiten der Navigation gegeben sind. Thesauren können als mehrdimensionale Klassifikationen angesehen werden (vgl. GIETZ 2001), in ihrer Struktur bilden sie ein Netz spezifisch relationierter Begrifflichkeiten. Auf den Bildungssektor bezogene Beispiele für Thesauren sind ERIC (Educational Resources Information Center, vgl. ERIC-Website) oder auch der multilinguale ETB (European Treasury Browser, vgl. ETB-Website).

2.3.3 Ontologien

Neben der ergänzenden Beiordnung von Metadaten zu einem digitalen Objekt eröffnen Klassifikationen und insbesondere auch Thesauren eine weitere Sicht der Organisation.

- Perspektive 1: Wenig formale digitale Objekte bilden den Ausgangspunkt und werden um formale Informationen ergänzt.
- Perspektive 2: Eine weitgehend formalisierte Organisationsstruktur bildet die Ausgangsbasis. Wenig formale digitale Objekte können innerhalb dieser Struktur verortet werden.

Eine Bündelung und Weiterentwicklung vorgenannter Konzepte im Sinne dieser zweiten Perspektive bieten Ontologien. Man kann sie in einer ersten Näherung als multidimensionale Klassifikationen sehen (vgl. GIETZ 2001), die im Prinzip beliebige Arten von Relationen (*ist Teil von, ist Beispiel für, basiert auf, findet praktische Anwendung in* usw.) zwischen Begriffen abbilden können. Der Vorteil einer solchen mehrdimensionalen Klassifikationen wird durch die bereits bemühte Bibliotheksanalogie deutlich. In der Bibliothek können Bücher physikalisch lediglich im Rahmen einer eindimensionalen Klassifikation in Regale gestellt werden. Damit ist der für den Bibliotheksnutzer erfahrbare Kontext des Buches auf diese eine Dimension beschränkt. In IKT-Systemen lassen sich digitale Objekte ohne Aufwand in unterschiedlichen Dimensionen von Klassifizierungen präsentieren²². Dem Nutzer gibt dies die Möglichkeit, ausgehend von einem derart verorteten Objekt unterschiedlichen Relationen folgend zu weiteren Objekten zu gelangen. IKT-Systeme können derartige Kontexte nutzen, um Suchvorgänge zu präzisieren.

In einer allgemeinen Annäherung ist *Ontologie* eine „... im 17. Jahrhundert entstandene Bezeichnung für die Lehre vom Seienden... , die die formalen (oberste Strukturen und Gesetzmäßigkeiten) und materialen (inhaltliche Gliederung des Seienden) Prinzipien des Gegebenen begrifflich zu bestimmen sucht.“ (Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, 2001). Mit dem Begriff sind sicher weitreichende philosophische Fragestellungen verbunden, die hier nicht behandelt werden können. Gewissermaßen als Brücke zwischen einer eher philosophisch und einer eher informatisch ausgerichteten Sicht fungiert die Definition von SOWA : „*The subject of ontology is the study of the categories of things that exist or may exist in some domain. The product of such a study, called*

²² Wer allerdings einmal den Versuch unternommen hat, eine Vielzahl digitaler Objekte physikalisch in ein eindimensional hierarchisch aufgebautes und auf der Festplatte errichtetes Ordnersystem abzulegen, stößt auf ähnliche Beschränkungen wie in einer Bibliothek. Häufig lässt sich keine eindeutige Zuordnung vornehmen und wichtige Bezüge zwischen Objekten zueinander können in diesem System nicht abgebildet werden.

an ontology, is a catalog of the types of things that are assumed to exist in a domain of interest.” (SOWA 2000, S. 492). In der Informatik stehen Ontologien für „... *formale Modelle einer Anwendungsdomäne, die dazu dienen den Austausch und das Teilen von Wissen zu erleichtern ... [und] ... zur Verbesserung der Kommunikation zwischen menschlichen und maschinellen Akteuren beitragen.*” (MÄDCHE / STAAB / STUDER 2001, S. 1). Viel zitiert ist die Definition von GRUBER: „*An ontology is an explicit specification of a conceptualization.*”, wobei eine *Konzeptualisierung* als eine bestimmten Zielsetzungen folgende, abstrakte und vereinfachte Sicht der Welt zu verstehen ist (GRUBER 1993, S. 1).

Im Kontext des Wissensmanagements erfährt die Definition nach GRUBER eine weitere Konkretisierung: „*An ontology is a formal, explicit specification of a shared conceptualisation.*” (STUDER / BENJAMINS / FENSEL 1998, S. 25). Fasst man die Definitionen zusammen, so ergeben sich folgende Aussagen hinsichtlich des Wesens einer Ontologie im Kontext der Informatik:

- Sie ist ein vereinfachtes, abstraktes Modell eines in einer bestimmten Zielsetzung relevanten Ausschnittes der Wirklichkeit.
- Sie ist ein explizites, nicht nur im Denken existierendes Modell und in einer formalen Sprache abgefasst, die mittels Computer ausgewertet werden kann.
- Sie dient einer möglichst von semantischen Interpretationsspielräumen befreiten Kommunikation innerhalb von Gemeinschaften wie auch unter Einbeziehung von Computern.

Praktisch beinhalten Ontologien definierte Vokabulare für alle relevanten Bezugsobjekte, welche im Rahmen der Beteiligten möglichst eindeutige Korrespondenzen zwischen Vokabeln, Begriffen und deren Bezüge hervorrufen sollen (vgl. Abb. 16). Zudem definieren Ontologien Relationen, um Verhältnisse und Abhängigkeiten abzubilden. Dies führt im Allgemeinen zu semantischen Netzen, deren Knoten bedeutsame Begriffe bzw. Objekte repräsentieren und deren Kanten bestimmte Relationen zwischen diesen abbilden. Semantische Netze haben das Potenzial, dem Erkennen und Lernen der Menschen zuträglich zu sein. Deren Handlungsfähigkeit erfordert, dass unterschiedliche isolierte Wissensbeständen als ein „... Netz von bedeutungsvollen Verbindungen konstruiert werden.” (REINMANN-ROTHMEIER 2000, S. 11). Visualisierbare semantische Begriffsnetze können dies unterstützen.

Zu beachten ist, dass Ontologien in der Informatik mit zwei Bedeutungen versehen sind, die im Zuge der Ontologie-Entwicklung auf untrennbare Weise zirkulär verkoppelt sind. Ontologien sind

- „... die Grundlegung, welcher Art die Konstituenten und die Regeln sein müssen, damit sie die Realität angemessen wiedergeben können, also in etwa das, was man eine ‚Grammatik der Realität‘ nennen könnte und ...
- die Festschreibung der Dinge und Zusammenhänge, die da sind, also gewissermaßen die Erstellung einer ‚Enzyklopädie der Realität‘. ” (STEIMANN / NEJDL 1999, S. 3).

STUDER u. a. machen im Bereich des Knowledge Engineering nachstehende Arten von Ontologien aus, die gemeinhin unterschieden werden:

- Representational Ontologies sind auf einer den eigentlichen Ontologien übergeordneten Meta-Ebene angesiedelt und werden daher auch als Meta-Ontologien bezeichnet. Sie liefern ein Rahmenwerk bzw. eine Sprache, in der eine Ontologie zu beschreiben ist.
- Generic Ontologies sind domänenübergreifend gültig, sie werden auch als Super Theories, Core Ontologies oder auch Top-Level-Ontologien bezeichnet (vgl. Abb. 29).
- Domain Ontologies nehmen sich der Abbildung domänenspezifischer Wissensbestände an.

Neben diesen vornehmlich der Repräsentation statischer Strukturen dienenden Ontologien gibt es eher prozessbezogene Strukturierungen, sogenannte Method Ontologies oder Task Ontologies. Diese liefern begriffliche Rahmen, um bestimmte Aufgaben und Methoden der Problemlösung zu repräsentieren. Kombinationen der beiden Typen werden als Application Ontologies bezeichnet. Diese repräsentieren der Idee nach domänenspezifische statische Informationen wie auch Informationen zu deren Nutzung und Anwendung (vgl. STUDER / BENJAMINS / FENSEL 1998, S. 27).

Aus der Mathematik weiß man, dass die Anzahl der möglichen Zweierkombinationen und damit die Anzahl möglicher Relationen c nur einer betrachteten Relationsart mit

$$c = \frac{1}{2} \cdot \frac{n!}{(n-2)!}$$

stark ansteigt, wenn man die Zahl n der zu unterscheidenden Symbole erhöht. Bezogen auf Ontologien und im Rahmen dieser erzeugter Wissensrepräsentationen bedeutet dies praktisch, dass sogenannte Top-Level-Ontologien bzw. Upper-Level-Ontologien, die die Realität in genereller und umfassender Weise repräsentieren wollen, auf einer sehr hohen Abstraktionsebene angesiedelt werden müssen, um im Ausmaß beherrschbar zu bleiben.

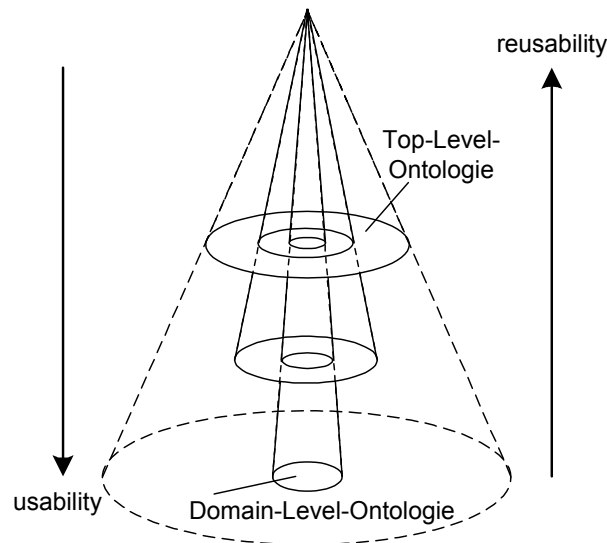


Abb. 29: Anwendbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Ontologien (in Anlehnung an GÓMEZ-PÉREZ 1999)

Upper- bzw. Top-Level-Ontologien sind demzufolge nicht unbedingt direkt anwendbar, um beispielsweise Prozesse des Informations- und Wissensmanagements zu unterstützen. Sie liefern jedoch ggf. grundsätzliche Konzeptualisierungen, die vielfach die Basis der Entwicklung von Domänen-Ontologien darstellen. Letztere beziehen sich auf ein möglichst eng begrenztes Gebiet, erreichen in diesem dann aber einen Grad an Repräsentationsdichte, der eine praktische Nutzung ermöglicht (vgl. Abb. 29). Ein in diesem Zusammenhang wichtiges Standardisierungsvorhaben betreibt eine Arbeitsgruppe des IEEE mit dem Versuch, eine Standard Upper Ontology (SUO) zu entwickeln. Auf dem Weg zu einer solchen SUO wurden bereits existierende Ansätze zu einer SUMO (Standard Upper Merged Ontology) zusammengeführt sowie eine MILO (Mid-Level-Ontology) entwickelt, die als Brücke und Basis zur Entwicklung von Ontologien auf der Domänen-Ebene dienen soll (vgl. IEEE STANDARD UPPER ONTOLOGY (SUO) WORKING GROUP).

In der Konsequenz steigen die Erfolgsaussichten ontologiebasierter Ansätze, wenn die Zieldomäne enger geschnitten wird²³. Dies hat in der Praxis zu unzähligen voneinander isolierten sehr spezifischen Ontologien und diesen zuzurechnenden Metadatenschemen geführt, so dass zur Beherrschung der Vielfalt mittlerweile Sammlungen dieser angelegt werden (vgl. LOPATENKO 2002, HEERE / WAGNER 2002). Eine Integration dieser vielfältigen Ontologien zur domänenübergreifenden Verknüpfung und Nutzung von Wissensrepräsentationen kann insbesondere dann gelingen, wenn die domänenspezifisch etablierten Ontologien eine gemeinsame Basis wie z. B. SUO haben und sich einer gemeinsamen Sprache wie z. B. OIL (Ontology Inference Layer) oder deren Weiterentwicklung OWL (Web Ontology Language) bedienen (vgl. OIL-Website, vgl. W3C 2003). Eine Darstellung verbreiteter Sprachen zur Formulierung von Ontologien liefert FENSEL (FENSEL 2001, S. 61 ff.).

Einen fundamentalen Ansatz zur Formulierung von Ontologien stellt das Resource Description Framework (RDF) dar: „The RDF specifications provide a lightweight ontology system to support the exchange of knowledge on the Web.“ (vgl. W3C 2002b). RDF beruht darauf, dass jede Ressource mittels Uniform Resource Identifier (URI)²⁴ eindeutig identifizierbar ist. Mittels RDF modellierte Ontologien beschränken sich orientiert an den Bedürfnissen des Semantic Web (siehe weiter unten) auf wenige zentrale Konstrukte. Im Zentrum steht ein sogenanntes Statement, welches sich aus einem Subjekt, einem Prädikat und einem Objekt zusammensetzt.

- Subjekte sind durch ihre URI gekennzeichnete Ressourcen oder allgemein Entitäten, also beispielsweise irgendwelche Objekte im Internet.
- Prädikate sind reflexive (z. B. Erstellungsdatum) oder relationale Eigenschaften der Subjekte (z. B. basiert auf).

²³ Hier kann nochmals das Beispiel der Schachprogramme angeführt werden, deren Agieren in der extrem eng abgegrenzten Kunstwelt des Schachspiels durchaus intelligent erscheint.

²⁴ Der Uniform Resource Locator (URL) wie z. B. <http://www.isi.edu/in-notes/rfc2396.txt> ist ein Spezialfall einer URI, welche ganz allgemein unterschiedliche Schemata einer Ressourcen-Beschreibung der Art „<scheme>:<scheme-specific-part>“ ermöglicht. Ein anderer Spezialfall wäre beispielsweise die ISBN. Auf die doch begrenzte Lebensdauer einiger URL und den daraus resultierenden Problemen soll hier nicht weiter eingegangen werden.

- Objekte sind den Eigenschaften zugeordnete Werte (z. B. 12.12.2001 oder aber auch die URI anderer Ressourcen) (vgl. W3C 2002B).

Mit Hilfe von RDF-basierten Ontologien sollen im Internet verfügbare Objekte beschrieben werden und so das Semantic Web als eine Art World Wide Web der zweiten Generation bilden. Dieses soll eine effizientere und stärker computerunterstützte Nutzung der bereits verfügbaren Informationen ermöglichen: „*The Semantic Web is a vision: the idea of having data on the web defined and linked in a way that it can be used by machines not just for display purposes, but for automation, integration and reuse of data across various applications.*” (W3C – SEMANTIC WEB 2002). Es beruht, wie auch die obigen Ausführungen zu RDF schon zeigen, auf zwei substantiellen Verbesserungen zur IKT-gerechten Explikation ausgesuchter semantischer Verortungen digitaler Objekte:

- Die innere Semantik eines digitalen Objektes im Internet kann durch ihr beigeordnete Metadaten beschrieben werden.
- Die äußere Semantik eines digitalen Objektes im Kontext anderer digitaler Objekte kann durch typisierte Relationen beschrieben werden (vgl. BERNERS-LEE 1998, W3C 2001).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Ontologien eine wichtige Funktion in der IKT-gestützten Nutzbarmachung der scheinbar im Überfluss vorhandenen Informationen zukommt. Insgesamt sind die Anwendungsmöglichkeiten von Ontologien vielfältig und dadurch geprägt, dass eine möglichst eindeutige Kommunikation menschlicher wie maschineller Akteure notwendig ist. Neben dem Informations- und Wissensmanagement sind sicherlich weitreichende Einsatzmöglichkeiten in den Bereichen E-Business, E-Learning, Expertensysteme und in der Weiterentwicklung des World Wide Web hin zu einem semantischen Netz gegeben (vgl. MÄDCHE / STAAB / STUDER 2001). Ein prototypisches Beispiel für die Realisierung eines ontologiebasierten Portals zum Zugriff auf bildungsrelevante digitale Objekte ist OntowebEdu (vgl. LALMAS / GRAVES 2001, vgl. ONTOWEBEDU-Website).

3 Möglichkeiten der didaktischen Organisation digitaler Objekte

3.1 Lern-Objekte: Digitale Objekte zum Lehren und Lernen

Ein Lern-Objekt ist „... any digital resource that can be reused to support learning.“ (WILEY 2001). Lern-Objekte sind Lernprozesse unterstützende Objekte, die in digitaler Form vorliegen und damit nur unter Einbeziehung von IKT-Systemen nutzbar sind. Die Kombination von IKT-Systemen, digitalen Objekten und Lernprozessen verweist unmittelbar auf das Thema E-Learning²⁵, und viele auf Lern-Objekte basierte Ansätze befassen sich insbesondere mit Fragen der effizienten Erzeugung und Bereitstellung geeigneter Lern-Objekte im Sinne von Inhalten für E-Learning-Szenarien. In einer etwas weiter gefassten Perspektive geht es bei Lern-Objekten um alle erdenklichen digitalen Objekte einschließlich solcher, die nicht primär für das Lehren und Lernen erzeugt werden, Lehr- und Lernprozesse aber dennoch unterstützen können. Dieses schließt alle digitalen Objekte ein, die Lehrkräfte zur Bewerkstelligung ihrer täglichen Arbeit benötigen und zu organisieren haben, so dass die im Kontext von Lern-Objekten zu findenden Ansätze auch für die Zielstellung dieser Arbeit von Bedeutung sind, wengleich die primäre Ausrichtung eine andere ist. Zur Verdeutlichung der etwas anders gelagerten Ausrichtung der im Weiteren untersuchten Ansätze wird der Begriff Lern-Objekte für entsprechend eingesetzte digitale Objekte verwendet.

Nach einleitender Definition haben Lern-Objekte die besondere Eigenschaft, wiederverwendbar zu sein, was insbesondere mit Blick auf die hohen Erstellungskosten bestimmter E-Learning-Inhalte bedeutsam ist. Nach KERRES schlagen einfache Inhalte für ein *Web Based Training* (WBT) mit 10000 € bis 30000 € pro Stunde, Videoproduktionen mit 1000 € bis 2000 € pro Minute und 3D-Computeranimationen gar mit bis zu 500 € pro Sekunde zu Buche (vgl. KERRES 2001, S. 117 ff.). Letztlich ist der Erstellungs-

²⁵ Steht der Buchstabe E auch für *Electronic*, so bezeichnet er in Verbindung des E-Learning doch vorrangig die Nutzung von IKT-Systemen zur Unterstützung von Lehr-/Lernprozessen. Dabei können zwei Funktionen unterschieden werden: die informatische Funktion im Sinne einer Anwendung von Algorithmen zur Analyse und Manipulation von Daten und die telekommunikative Funktion im Sinne der Übertragung und Darstellung von Daten. Erstere bringt vornehmlich Lernsoftware (Simulationen, Mikrowelten, Intelligente tutorielle und adaptive hypermediale Systeme usw.) hervor. Letztere ermöglicht eine essenzielle Anreicherung isolierter, sich in Mensch-Maschine-Interaktionen erschöpfender E-Lernprozesse durch telemediale Kommunikation- und Kooperationsmöglichkeiten und ermöglicht den Transport von E-Inhalten.

aufwand von digitalen Objekten für das E-Learning wenigstens mit dem Aufwand zur Erstellung von Lehrbüchern vergleichbar, wobei zudem weitreichende informationstechnische Kompetenzen und Arbeiten seitens der Autoren notwendig sind. Und wie auch bei Lehrbüchern ist es bei E-Learning-Inhalten so, dass der Erstellungsaufwand in Relation zum Nutzen zu setzen ist. Ein hoher Erstellungsaufwand ist um so einträglicher, je häufiger ein einmal erstelltes Lehrbuch verkauft werden kann, bzw. je häufiger einmal erstellte E-Learning-Inhalte verwendet werden können. Damit rechnen sich vornehmlich solche Vorhaben, bei denen einmal erstellte Inhalte möglichst häufig unverändert eingesetzt werden können. Ist dies nicht möglich, bietet sich der ebenso die relativen Kosten senkende Weg an, E-Learning-Kurse aus für sich genommen vielfach wiederverwendbaren Bausteinen, den Lern-Objekten, zusammen zu stellen. Ein derartiges Vorgehen ist auch aus der Softwaretechnik bekannt, in der komplexe Anwendungen in mannigfaltigem Rückgriff auf Bibliotheken mit bereits verfügbaren Objekten erstellt werden. Idealtypisch wäre also eine Art Bibliothek mit flexibel kombinierbaren Lern-Objekten verfügbar, aus der dann benötigte komplexere E-Learning-Einheiten zusammengestellt werden können. Wird eine derartige Bibliothek kooperativ betrieben, so erhöht dies das Angebot wie auch die Rate der Wiederverwendung. Gleiches ist auch denkbar, wenn es sich um Objekte handelt, die nicht primär als E-Learning-Inhalte fungieren sollen. Eine hohe Wiederverwendbarkeit digitaler Objekte ist also auch bezogen auf die Arbeit von Lehrkräften durchweg positiv besetzt und anzustreben. Sie verbessert die mediale Ausgangslage zur Gestaltung von Lehr-/Lernszenarien und entlastet Lehrkräfte von der steten Erzeugung neuer - und der Anpassung vorhandener digitaler Objekte.

Praktisch mangelt es an der Interoperabilität von Datenformaten, Layout wie insbesondere auch didaktisch relevanter Größen verfügbarer Inhalte erheblich und nicht immer lassen sich im Prinzip verfügbare Inhalte passend auffinden. Grundsätzlich lässt sich die flexible Wiederverwendbarkeit und Interoperabilität von Lern-Objekten durch gewisse Standardisierungen herstellen. Dabei sind unterschiedliche Grade der Wiederverwendbarkeit denkbar und anstrebbar, mit denen dann unterschiedliche Grade der informationstechnischen wie didaktischen Standardisierung einhergehen:

- In Teilen: Lern-Objekte bilden eine Art *Steinbruch*, aus dem geeignete Bestandteile extrahiert und innerhalb neuer Lern-Objekte wieder verwendet werden.

- Als Ganzes, isoliert: Isoliert betrachtete Lern-Objekte bilden eigenständige kleine Lerneinheiten bzw. Informationseinheiten, die bedarfsorientiert abgerufen werden können.
- Als Ganzes, in intellektueller Kombination mit anderen Objekten: Verfügbare Lern-Objekte werden zu komplexeren Lern- und Informationsangeboten verknüpft, wobei begrenzte Eingriffe zur Angleichung von Schnittstellen, Layout, Ausdruck usw. erforderlich sind.
- Als Ganzes, in automatisierter Kombination mit anderen Objekten: Lern-Objekte können IKT-basiert zu komplexeren Einheiten aggregiert werden, wobei der Idee nach Anpassungsarbeiten durch eine vollständige Interoperabilität der Lern-Objekte entfallen.

Die Wiederverwendbarkeit von Lern-Objekten wie insgesamt von digitalen Objekten kann aus unterschiedlichen Gründen durchaus bewusst mit begrenzter sozialer Reichweite versehen sein. So kann man als Lehrkraft in der individuellen Organisation der eigenen digitalen Objekte bestrebt sein, diese im Sinne einer möglichst hohen Wiederverwendbarkeit auszugestalten. Die Anzahl der Objekte lässt sich ggf. erhöhen, indem man die Reichweite auf eine bestimmte Personengruppe, wie z. B. den Lehrkräften in einem bestimmten Fach an einer Schule oder in einem Bundesland, ausdehnt. Für eine Firma, die sich kommerziell mit der Erstellung von Lern-Objekten befasst, ist es ggf. geradezu eine wirtschaftliche Notwendigkeit, die Wiederverwendbarkeit eng zu begrenzen. Schließlich lässt sich die Wiederverwendbarkeit auch global denken, womit man dann bei dem Internet als global verfügbare digitale Hintergrundbibliothek angekommen ist.

Die beschriebenen Ausprägungen der Wiederverwendbarkeit erzeugen unterschiedlich hohe Anforderungen an die Gestalt und Funktionalität von Lern-Objekten und determinieren damit das Bündel notwendiger Maßnahmen, deren Umsetzung mit zunehmender Reichweite der Wiederverwendung eine wachsende Herausforderung darstellt. Während beispielsweise Szenarien bedarfsorientierten Lernens mit polymorphen Lern-Objekten denkbar sind, bedürfen Ansätze der automatisierten Verknüpfung von Lern-Objekten weitreichendere Vereinheitlichungen. Folgende Maßnahmen sind zur Verbesserung der Wiederverwendbarkeit ergreifbar: Zuerst ist als notwendige Voraussetzung für jede Art der Wiederverwendung und -verwertung eine gezielte Auffindbarkeit vorhandener

Objekte herzustellen. Hier wäre beispielsweise eine Art didaktische Suchmaschine denkbar, die unter Bezugnahme auf didaktisch relevante Objekt-Merkmale bzw. Bedarfe operiert. Zur Realisierung einer flexiblen Kombinierbarkeit in unterschiedlichen didaktischen Arrangements müssen Lern-Objekte dekontextualisiert werden. Sie müssen von Bezügen zu anderen Objekten wie auch von schon vorgeprägten didaktischen Strukturierungen befreit werden, was insbesondere bei Lern-Objekten gelingt, die in ihrem Umfang eher klein gehalten werden. Und schließlich müsste zur anpassungsfreien Kombinierbarkeit der Objekte eine umfassende Strukturierung und Uniformierung sichergestellt werden. Gestalt und Innenstruktur müssten hierzu verbindlichen Entwurfsspezifikationen zur didaktischen, informatischen bzw. layout-technischen Ausgestaltung genügen.

Mit Blick auf die angedeuteten Maßnahmen wird deutlich, dass eine Verbesserung der Wiederverwendbarkeit von Lern-Objekten durchaus unterschiedlichen Motiven unterliegt, die von dem Aspekt des Erlangens von Wettbewerbsvorteilen bei der kommerziellen Erstellung von E-Learning-Inhalten über Aspekte des effizienteren Lernens bis hin zum Aspekt der Beförderung eines breiteren Angebotes und eines verbesserten Zuganges zu digitalen Inhalten durch kooperative Ansätze des gegenseitigen Nutzens reicht. Im Einzelnen sind wenigstens folgende Zielsetzungen zu nennen, die auch im Kontext der Arbeit von Lehrkräften und die dort erforderliche effiziente individuelle wie kooperative Organisation digitaler Objekte zunächst positiv besetzt sind:

- Steigerung der Quantität bzw. Qualität verfügbarer digitaler Informations- und Lernangebote durch arbeitsteilige Vorgehensweisen.
- Reduzierung von Kosten und Zeitaufwand bei der Erstellung, Ergänzung und Fortschreibung digitaler Informations- und Lernangebote.
- Verbesserung der gruppen- oder subjektspezifischen Adaptierbarkeit digitaler Informations- und Lernangebote.
- Erleichterung der Integration fremd erstellter Lern-Objekte in subjektspezifische Lern- und Arbeitsumgebungen.
- Unterstützung und Verbesserung individueller, explorativer, flexibler und bedarfsorientierter Formen des Lernens.
- Unterstützung vielfältiger Sichten und Darstellungen zu spezifischen Themen.

- Verbesserung der Voraussetzungen zur algorithmisierten Generation individueller Informations- und Lernangebote.

Eine erste Maßnahme und notwendige Voraussetzung zur Erreichung derartiger Zielsetzungen ist, digitale Objekte bzw. Lern-Objekte in einer Weise zu organisieren, die ein sicheres und bedarfsgerechtes Auffinden vorhandener Objekte ermöglicht. Hier sollen die im Abschnitt 3.1.2 dargestellten Metadaten-Standards und deren Implementationen einen wesentlichen Beitrag leisten. Doch zunächst soll im nächsten Abschnitt eine Auseinandersetzung mit unterschiedlichen theoretischen wie didaktischen Ansätzen im Kontext von Lern-Objekten erfolgen.

3.1.1 Konzepte und didaktische Ansätze im Kontext von Lern-Objekten

Historisch betrachtet findet sich die Idee der flexiblen Wiederverwendbarkeit von Lern-Objekten schon in den Anfängen des E-Learning:

„Gerard (1969) in a surprisingly visionary statement early in the history of computer-based instruction describes how ‘curricular units can be made smaller and combined, like standardized Meccano [mechanical building set] parts, into a great variety of particular programs custom-made for each learner’ (p. 29-30).”
(GERARD 1969, zitiert nach GIBBONS/NELSON/RICHARDS 2001, Einfügung im Original).

Bezugnehmend auf die einleitend angeführte Definition eines Lern-Objektes als „... any digital resource that can be reused to support learning.” (WILEY 2001) finden sich in der Literatur weitere ähnlich belegte Begriffe: „Knowledge Objects” (MERRILL 1998), „Knowledge Bits” (SCHATZ 2001), „Electronic pedagogical material” (ARIADNE 2001), „Bildungsressourcen” (DIEPHOLD 1998), „Didaktische Entitäten” oder „Wissenseinheiten” (MEDER 2001).

3.1.1.1 Lern-Objekte und Softwaretechnik

Das Konzept der Lern-Objekte hat wichtige Bezüge zur Softwaretechnik. Zunächst ist festzustellen, dass es sich bei Lern-Objekten um Software handelt, die allerdings weniger auf die Steuerung von Computern als vielmehr auf die Anregung menschlicher Lernprozesse abzielt. Wesentlicher ist jedoch der Bezug zur Wiederverwendbarkeit einmal erstellter Module bzw. Objekte (vgl. ROSCHELLE u. a. 1998). Diese hat in der

Softwaretechnik eine lange Tradition und kann als das zentrale Konzept betrachtet werden, durch das sich die heute anzutreffende Komplexität und Dynamik im Software-Sektor entwickeln konnte. Ansätze der Wiederverwendung von Software finden sich in Form sogenannter Unterprogramme schon in ZUSES Plankalkül (ca. 1945), einem Vorläufer moderner strukturierter Programmiersprachen wie *C* und *Pascal* (vgl. BAUER / WOESSNER 1972). Diese beförderten die Technik der Erzeugung von Code-Modulen, ihre Sammlung in Unterprogramm-Bibliotheken und ihre systematische Wiederverwendung bei der Erzeugung neuer Software-Lösungen maßgeblich. Mit dem mit der Programmiersprache Java ab etwa 1990 nennenswert verbreiteten Konzept der Objektorientierung, welches seine Ursprünge in den 70er Jahren mit der Entwicklung der Programmiersprache Smalltalk hat (vgl. BALZERT 1999, S. 104), zeigt sich eine bedeutsame Weiterentwicklung: An die Stelle wiederverwendbarer funktional orientierter Code-Module treten Objekte, die nun Programm-Code und Daten integrieren und die in Abstraktion von individuellen Eigenschaften ansonsten gleichartiger Objekte zu Klassen zusammengefasst werden. Klassen wiederum befinden sich in Hierarchien aus spezialisierenden Subklassen wie generalisierenden Superklassen, wobei eine Subklasse die Gestalt ihrer Superklasse ererbt und gegenüber dieser spezialisierende Differenzen definieren kann. Die mittels dieses Vererbungsmechanismus vermiedene Vervielfachung gleichartiger Objektbestandteile erleichtert die Pflege und Fortschreibung von Klassenbibliotheken. Zudem verbessern die resultierenden Klassenhierarchien die Übersicht über verfügbare Klassen bzw. Objekte, was bei Bibliotheken mit mehreren tausend Klassen ein erheblicher Vorteil ist. In der Perspektive ließe sich ein derartiges Vorgehen auch auf Lern-Objekte bzw. digitale Objekte übertragen und könnte helfen, einem beziehungslosen Nebeneinander vieler nur marginal unterschiedlicher und aus einem gemeinsamen Ursprungs-Objekt erwachsener Versionen Einheit zu gebieten.

3.1.1.2 Lern-Objekte im objektorientierten Metamodell

Eine einem künftigen Standard angemessene und im Sinne des Objekt-Ansatzes weit gefasste Definition von Lern-Objekten, welche ausdrücklich digitale wie auch nicht digitale Objekte einschließt, findet sich im *Draft Standard for Learning Object Metadata* des Learning Technology Standardization Committee (LTSC) des IEEE:

„For this standard, a learning object is defined as any entity, digital or non-digital, that may be used for learning, education or training.” (IEEE P1484.12 DRAFT 6.1 2001, S. 5).

„Examples of learning objects include multimedia content, instructional content, instructional software and software tools that are referenced during technology supported learning. In a wider sense, learning objects could include learning objectives, persons, organizations, or events.” (IEEE P1484.12 DRAFT 4.0, 2000, S. 5).

Eine derart weit greifende Definition von Lern-Objekten bedarf zur praktischen Umsetzung weiterer Operationalisierungen. Das Konzept der Objektorientierung liefert den Ansatz. Es lassen sich Kategorien ähnlich ausgeprägter Lern-Objekte bilden und in aufeinander bezogenen Klassen ordnen. Ein solches unter Analyse verbreiteter Lerntheorien und didaktischer Modelle erzeugtes objektorientiertes Metamodell ist die an der Open University – Netherlands entwickelte *Educational Modelling Language (EML)*, welche unter ausdrücklicher Einbeziehung von „... online learning (completely through the web), blended learning (mix of online and face-to-face), hybrid learning (mix of different media: paper, web, e-books, etc.)” ein Rahmenwerk zur Darstellung sogenannter *units of study*, verstanden als beliebige Art von Studieneinheiten, Lektionen, Kursen, Workshops, Praktika usw., darstellt (KOPER 2001, S. 4). Das EML-Metamodell ist im Kern eine zunächst abstrakte Ontologie und kann als didaktisch orientierte Fortschreibung und Erweiterung des LOM-Standards gesehen werden, der weiter unten betrachtet wird. Es unterscheidet mehr als 20 Klassen von Lern-Objekten (z. B. *Learning objective, Role Learner, Role Staff, Activity, Knowledge object, Communication object, Questionnaire object*), die in spezifischer Relation aggregiert die übergeordnete Klasse *unit of study* bilden (vgl. ebenda). Damit liefert EML über die spezifische Stellung eines Lern-Objektes innerhalb des Metamodells und der daraus resultierenden Zuordnung zu einer bestimmten Objekt-Klasse ein weiteres Kriterium zur Beurteilung der situationspezifischen Wiederverwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit eines schon vorhandenen Lern-Objektes.

3.1.1.3 Funktional differenzierte Lern-Objekte

Ein funktional differenziertes Kategorien-System von Lern-Objekten, das den Bereich der Inhalte sowie Strategien der Darstellung und Anwendung dieser in Lernprozessen fokussiert, liefert WILEY mit fünf unterscheidbaren Arten:

- Ein Lern-Objekt vom Typ *Single* (bzw. *Fundamental* nach WILEY 2001) wird als kleinste Einheit angesehen und kann beispielsweise ein Text, Bild oder auch ein Audio-Clip sein.
- Wenige dieser Objekte können dann zu einem Lern-Objekt vom Typ *Combined-closed* (bzw. *Combined-intact* nach WILEY 2001) verschmolzen werden, wobei die einzelnen Bestandteile nicht in direktem Zugriff stehen bzw. nicht wieder aus dem Produkt heraus gelöst werden können und auch Objekte des gleichen Typs Bestandteil sein können.

Ein wesentliches Merkmal der zwei beschriebenen Typen ist, dass sie keinerlei Bezüge zu externen Objekten haben, quasi in Analogie zu Atomen bzw. Molekülen als Bausteine für übergeordnete Strukturen dienen. Den Bauplan dafür liefern

- Objekte vom Typ *Generative-presentation*: Sie stellen domänen-spezifische Strategien der Präsentation und Anzeige von Kombinationen aus referenzierten Objekten der erst genannten Typen dar, während
- Objekte vom Typ *Generative-instructional* domänen-übergreifende, aus didaktischen Theorien abgeleitete Methoden, Muster bzw. Algorithmen zur Gestaltung von vollständigen Lernprozessen ggf. einschließlich Übungs- und Bewertungsphasen darstellen und ihrerseits Objekte der Typen *Generative-presentation*, *Single* und *Combined-closed* enthalten können.
- Schließlich gibt es noch Lern-Objekte vom Typ *Combined-modifiable* (bzw. *Combined-open* nach WILEY 2001), die alle anderen vier Typen beinhalten können. Man kann sie sich als eine Art Portal oder auch Suchmaschine vorstellen, die dann ggf. unter Rückgriff auf Strategien der letztgenannten zwei Typen wie inhaltlich ausgerichteten Lern-Objekten der erst genannten zwei Typen bedarfsgerechte Lernangebote zusammen stellt (vgl. WILEY 2000, S. 76 ff.).

3.1.1.4 Lern-Objekte aus einer instruktionellen Perspektive des Lehrens

Vorzufinden sind auch Ansätze mit einer eher ökonomisch-pragmatischen Ausrichtung im Sinne eines „... just-in-time approach to customization ...“ (LONGMIRE 2000), in dem das Lern-Objekt die Rolle eines schnell und einfach zu verwendenden „modular building block“ (BARON 2000) einnimmt, der dann häufig mit einer lernzielorientierten Erfolgskontrolle abschließt. Im Kern wird hier der zur analytischen Ausdifferenzierung denkbarer Lern-Objekte entgegengesetzte Weg der definatorischen Eingrenzung beschrieben. Durch Anwendung von Erstellungs-Spezifikationen in der Art von „Nonsequentiality of information across objects ...“, „Uniformity of editorial tone across objects ...“, „Use of language and content appropriate for a broad audience ...“ (LONGMIRE 2000) entsteht eine Schar relativ gleichförmiger Lern-Objekte.

In diese Richtung zielende Konzepte findet man beispielhaft bei dem Content-Anbieter NETg mit den *NETg-Learning-Objects (NLOs)* (vgl. L'ALLIER 1998) wie auch bei der Firma CISCO-Systems, einem der weltweit führenden Anbieter von Netzwerktechnologie. CISCO verfährt nach einem mehrstufigen, hierarchisch strukturierten Konzept, das auf früheren Arbeiten von MERRILL gründet. Aus obligatorischen wie optionalen *Content Items* wie z. B. Definitionen, Analogien, Fakten, Beispielen, Tabellen werden nach genauen Vorgaben *Reusable Information Objects (RIOs)* gebildet, die dann ihrerseits in Gruppen zu fünf bis neun Stück in *Reusable Learning Objects (RLOs)* zusammengefasst werden. Diese können dann zu *Lessons* und ein weiteres mal schließlich zu *Courses* aggregiert werden (vgl. CISCO SYSTEMS 1999). Die zentrale Kategorie des Ansatzes bilden die an einzelnen Lernzielen orientieren und mit Metadaten ausgezeichneten RIOs. Sie können wie beschrieben in übergeordnete, an Aufgaben orientierte RLOs eingebettet werden, besitzen aber ihrer Gestalt nach eine Autonomie, die eine bedarfsorientierte Nutzung einzelner RIOs ermöglicht. Dieses wird durch detaillierte Entwurfspezifikationen für RIOs erreicht. Insgesamt werden die in Tab. 1 dargestellten fünf RIO-Typen unterschieden.

RIO	Fakt (Fact)	Begriff (Concept)	Prinzip (Principle)	Verfahren (Procedure)	Prozess (Process)
Zweck	Erläuterung isolierter Fakten.	Erläuterung von Begriffen.	Gestaltungsprinzipien, Verhaltensregeln, Richtlinien oder Beurteilungskriterien.	Typische Handlungsabläufe und Tätigkeiten von Personen (sequenziell, entscheidend und verzweigend).	Zusammenhang und Funktionsweise bzw. Arbeitsweise sozialer, technischer oder wirtschaftlicher Systeme.
Beispiel	Katzen haben 4 Beine.	Was ist ein Computer? Was ist ein Switch?	Richtlinien zur Beurteilung von LehrerInnen.	Wie wird ein Angebot erstellt? Wie wird eine Schlauch-Wasserwaage bedient?	Wie funktioniert das Internet? Wie werden neue Mitarbeiter gewonnen?

Tab. 1: RIO-Typen und deren Zweck

Jedes RIO ist in die Abschnitte Inhalte, Übungen und Prüfungen bzw. Beurteilungen gegliedert. Im Erstellungsvorgang ist je RIO ein Lernziel zu formulieren. Dieses bildet dann die Basis einer Bewertung des Lernerfolges. Verblisten zur konformen Beschreibung der Zielformulierungen werden den Autoren der Objekte zur Verfügung gestellt (vgl. CISCO SYSTEMS 2000).

Sowohl das RIO/RLO-Konzept von CISCO wie auch das NLO-Konzept des Content-Anbieters NETg begründen sich unter anderem auf einschlägig bekannte Arbeiten von BLOOM bzw. BLOOM und KRATHWOHL zu Lernziel-Taxonomien, wobei ausschließlich auf die kognitive Dimension Bezug genommen wird. Das Verfolgen von affektiv oder psychomotorisch ausgerichteten Zielen ist ohne diese Beschränkung zu explizieren in beiden Konzepten nicht vorgesehen²⁶. Auch berufen sich beide Konzepte wie auch viele weitere Veröffentlichungen im Bereich der Lern-Objekte auf Arbeiten von MERRILL, nach BARON einer der Pioniere der Lern-Objekt-Idee (vgl. BARON 2000). Dessen Arbeiten sind von dem Ziel geleitet, eine Möglichkeit der an modularen Objekten orientierten Wissensaufbereitung und Darstellung zu finden, die schließlich eine automatisierte Generierung von Instruktionensequenzen erlaubt. Ausgangspunkt der Überlegungen sind unterschiedliche Lernziele, die in Zusammenhang mit einem spezifischen Thema bzw. Inhalt verfolgt werden können und MERRILL fragt: „What are appropriate knowledge components for different kinds of instructional goals ...” (MERRILL 1998, S. 1). Im Ergebnis liefern MERRILL und Mitarbeiter mit den Arbeiten zur *Component Display*

²⁶ Dies erscheint im Hinblick auf den nach Anwendung der jeweiligen Spezifikationen verbleibenden Spielraum für die Gestaltung von Lernprozessen dann durchaus konsequent, zeigt aber gleichzeitig die Begrenztheit eines solchen Ansatzes auf.

Theory (CDT) in 1994 und deren Erweiterung zur *Component Design Theory* definierte Vorgaben zur Analyse und Darstellung von Lerninhalten. Hierzu MERRILL:

„*A knowledge object is a framework for identifying necessary knowledge components. ...[It] is a way to organize a knowledge base so that different instructional algorithms can use the same knowledge objects to teach the same subject matter content.*” (MERRILL 1998, S. 2).

MERRILL unterscheidet drei Arten von Knowledge objects:

„*Entities are things (objects). Actions are procedures that can be performed by a learner on, to, or with entities or their parts. Processes are events that occur often as a result of some action.*” (MERRILL 2000, S. 3).

Jedes Knowledge object wird durch verschiedene qualitative und quantitative Attribute beschrieben. Es kann sich aus mehreren anderen Objekten zusammensetzen und hat zudem die Fähigkeit, z. B. über bestimmte Aktivitäten des Lernenden Prozesse anderer Objekte auszulösen. In derartigen Relationen verwobene Knowledge objects bilden dann ein sogenanntes *PEAnet (Process, Entity, Activity Network)* (MERRILL 2000, S. 8 f.). In der *Instructional Transaction Theory (ITT)* finden die Knowledge objects schließlich ihre syntheseorientierte Anwendung mit dem Ziel der „... automation of much of the instructional design process.” (MERRILL 1998b).

3.1.1.5 Lern-Objekte aus einer konstruktivistischen Perspektive des Lernens

Auch MEDER beschäftigt sich wie MERRILL mit der Frage, in welchen Kategorien ein Objekt im Bildungsbereich zu beschreiben ist. Während MERRILLS Ansatz der *Knowledge Objects* von dem Ziel einer automatisierten Erstellung von Lehrangeboten geprägt ist, misst MEDER den Relationen zwischen den „Wissenseinheiten“ im Sinne semantischer Netze und darin möglichen Prozesse des „... natürlichen entdeckenden Lernens ...“ und des „... spielerisch fündig werden[s] ...“ große Bedeutung zu (MEDER 2001). Er kommt mit Bezug „... auf eine Tradition von mindestens 4-5 Jahrhunderten des Nachdenkens ...“ in der traditionellen Pädagogik auf nachstehende fünf Kategorien: „*Ein didaktisches Objekt muss bestimmt sein*

- *in der Sachkategorie, d.h. es gibt ein thematisch formuliertes Problem, dem sich das didaktische Objekt zuordnen lässt (semantische Kategorie),*

- *in der Zielkategorie, d.h. es gibt ein Können der Lebensbewältigung, das mit dem didaktischen Objekt korreliert (pragmatische Kategorie),*
- *in der Kategorie von Wissensarten, d.h. es gibt Antworten für spezielle Fragen und Probleme: know-what, know-why, know-how, know-where und anderes mehr (Knowledge-Organisation-Kategorie),*
- *in der Kategorie medialer Präsentationsformen, d.h. es gibt mindestens ein Medium, in dem der Wissensinhalt angezeigt werden kann, damit er sinnlich angeeignet werden kann (Mediale Kategorie) [und]*
- *in der Kategorie von Verlaufsformen, d.h. es gibt Methoden –im definierten Sinne – die den Verlauf der ratgebenden Aneignung von Wissen bestimmen können (relationale Kategorie)” (ebenda).*

Ein in diesen fünf Kategorien sowie einer weiteren aus den drei „sozialen Formen“ „rezeptiv“, „interaktiv“ und „kooperativ“ bestehenden Dimension beschriebenes Lern-Objekt wird nach MEDER als „didaktische Entität“ bzw. „Wissenseinheit“ bezeichnet (vgl. ebenda). Fasst man die zweite und dritte Kategorie unter der Annahme, dass die Zielkategorie durchaus unterschiedliche Arten des Wissens und Könnens beschreiben kann, zusammen, so wird der Zusammenhang mit den hinlänglich bekannten Kategorien Inhalte, Ziele, Medien und Methoden deutlich. Die Kombination des resultierenden objektspezifischen didaktischen Designs mit einer Verlaufsformen des Lernens ermöglichenden Vernetzung mit anderen Objekten bildet dann die Basis explorativer Lernprozesse.

BANNAN-RITLAND u. a. diskutieren Lern-Objekte aus der Perspektive konstruktivistischer Ansätze des Lernens und leiten als eine zentrale Forderung die Einbeziehung der Lernenden in den Gestaltungs- und Entwicklungsprozess von Lernsystemen ab, wobei den Lern-Objekten insbesondere in dieser Hinsicht erheblichen Potenzial zugesprochen wird:

”Permitting the learner as well as the instructor to generatively construct, manipulate, describe or organize learning objects can enrich the system with additional resources as well as provide a significant learning experience for the user.”

(BANNAN-RITLAND / DABBAGH / MURPHY 2001, S. 25 f.).

In vielen auf Lern-Objekten basierten Ansätzen spielen die Lernenden jedoch eine untergeordnete Rolle: „Many corporations are currently implementing learning object systems that provide consistent design and development processes for their instructional design teams.” (ebenda, S. 28). Lernenden müssen Technologien verfügbar gemacht werden, die sie in die Lage versetzen, Lern-Objekte zu finden, zu verwenden, zu verknüpfen, zu verändern und auch neu zu erzeugen. Im Ergebnis führen diese modifizierten, ergänzten und neu eingebrachten Objekte dann zu vielfältigen Perspektiven des Lernens. Diese Vielfalt erfordert natürlich Mechanismen, um unerwünschte und veraltete Objekte zu entfernen. Hinsichtlich der Lern-Objekte werden drei unter Bezugnahme auf die Taxonomie WILEYS entwickelte Ebenen vorgeschlagen:

- Auf der Mikro-Ebene befinden sich fundamentale Lern-Objekte, sogenannte FIOs. Dies sind dekontextualisierte Inhalte in Form von Texten, Grafiken, Bildern, Sounds, Video-Sequenzen usw. Sie haben demnach keinerlei Verbindungen und Verknüpfungen zu anderen Lern-Objekten.
- Auf der Meso-Ebene finden sich sogenannte *Combined Information Objects* (CIOs), die auch als *Knowledge Objects* bezeichnet werden. CIOs können sehr kleine durch Querverweise minimal kontextualisierte, aus FIOs abgeleitete einfache Objekte sein. Es können aber genauso umfassende Lerneraktivitäten ermöglichende, nach gewissen didaktischen Prinzipien erzeugte komplexe Objekte wie Tutorien, Simulationen oder Mikrowelten sein.
- Auf der Makro-Ebene sind sogenannte Frameworks angesiedelt. Diese können als zielgruppenspezifische Implementierung unterschiedlichster didaktischer Strategien angesehen werden und stellen Gerüste zur Einbettung von Lern-Objekten der unteren Ebenen dar. So könnten hier beispielsweise einer gewissen problem- oder sachorientierten Logik folgende Sequenzen von Aktivitäten vorgeschlagen werden. Vorhandene Objekte können gefunden und genutzt werden, neue eigene Objekte können in das System eingebracht werden (vgl. ebenda, S. 39 ff.).

Neben einer aktiven Teilhabe der Lernenden an der Gestaltung eines Systems von Lern-Objekten ist aus konstruktivistischer Perspektive die Situiertheit des Lernens von wesentlicher Bedeutung. Lernen vollzieht sich im Kontext sozialer Prozesse wie durch interaktive problemlösende Teilhabe an authentischem Geschehen (vgl. MANDL / GRU-

BER / RENKL 1995, S. 171). Dieser Aspekt wird auch von ORRILL aufgegriffen: „One key element ... is the need for authentic learning.” (ORRILL 2001, S. 7). Und weiter: „...the use of learning objects relies on context, social negotiation, self-directed learning, and reflective practice in order to be effective.” (ebenda, S. 24). Zur Funktion der Lern-Objekte führt ORRILL aus: „Our objects are ... designed to support learning.” (ebenda, S. 15). „These objects will not replace the learning context; rather they will be a supporting part of it.” (ebenda, S. 16). Diese Lern-Objekte können entweder inhaltlich ausgerichtet sein oder Gerüste bzw. Rahmenwerke darstellen. Inhaltlich ausgerichtete Lern-Objekte haben in dem von ORRILL beschriebenen Vorhaben eine vom Grundsatz her relativ hohe Komplexität, sie liefern immer vielfältige Perspektiven auf einen Inhalt. In Bezug auf WILEYS Taxonomie lassen sie sich auf der Ebene *combined-open* ansiedeln, wobei eine isolierte Nutzung und Wiederverwertung der Bestandteile nicht vorgesehen ist. Die als Rahmenwerke fungierenden, strategisch ausgerichteten Lern-Objekte decken sich in ihrer Funktionalität weitgehend mit denen von BANNAN-RITLAND / DAB-BAGH / MURPHY. Sie können im Prinzip ebenso der WILEY-Kategorie *Generative-instructional* zugeordnet werden (vgl. ebenda, S.15 ff.).

3.1.2 Technologische Standards im Kontext von Lern-Objekten

Wie bereits dargelegt ist die zielgenaue Auffindbarkeit von Objekten eine notwendige Voraussetzung jeder Form der Wiederverwendung. Eingedenk des ebenso bereits aufgezeigten Unvermögens von IKT-Systemen, z. B. Bedeutung, Funktion und Zweck von Lern-Objekten zu erkennen, bedarf es der Explikation solcher und weiterer Kategorien beispielsweise mittels Objekten beigeordneter Metadaten (vgl. Abschnitt 2.2.4). Eine allgemein akzeptable - und anwendbare Metadaten-Beschreibung von Lern-Objekten zu finden, ist mit Blick auf die dargestellten unterschiedlichen Vorstellungen und Klassifizierungsansätze von Lern-Objekten eine nicht gering einzuschätzende Schwierigkeit. Es gilt im Rahmen einer Standardisierung zu klären, welche unterschiedlichen Arten von Lern-Objekten existieren bzw. unterschieden werden sollen und wie diese selbst und in ihren spezifischen Relationen zu einander geeignet zu beschreiben sind. Die Klärung dieser Frage ist eingebettet in umfangreiche und auf unterschiedlichsten Ebenen angesiedelten Standardisierungsbemühungen zu Lerntechnologien (vgl. z. B. MASIE 2002, ISO/IEC JTC1 SC36 2002, ISO/IEC JTC1 SC36 2002b, CEN/ISSS 2000), wobei dem

Learning Technology Standards Committee eine integrierende Funktion in der Vorbereitung und Entwicklung von Standards zukommt (vgl. IEEE-LTSC-Website).

3.1.2.1 Dublin Core Metadaten

Seit 1995 ist die *Dublin Core Metadata Initiative* mit dem Ziel aktiv, Recherche-Systeme durch Entwicklung und Verbreitung von Metadaten-Standards zu verbessern. Dublin Core definiert einen auf die 15 Elemente *Title, Subject, Description, Type, Source, Relation, Coverage, Creator, Publisher, Contributor, Rights, Date, Format, Identifier, Language* beruhenden Standard zur allgemeinen Beschreibung von Ressourcen (vgl. WEIBEL u. a. 1998, DCMI-Website). An einer Erweiterung hinsichtlich der Bedürfnisse zur Beschreibung digitaler Objekte in Kontexten des Lehrens und Lernens arbeitet man in der *Education Working Group* der DCMI. Hierzu wurden vier weitere Elemente (*Audience, Interactivity Type, Interactivity Level, Learning Time*) aufgenommen, wobei die drei Letzten an dem nachfolgend beschriebenen Standard des IEEE angelehnt sind (vgl. MASON / SUTTON 2000).

3.1.2.2 Metadaten für Lern-Objekte

Unter Bezugnahme auf Dublin Core wie insbesondere auch auf Arbeiten des ARIADNE-Projektes sowie des IMS-Konsortiums wurde mit dem *Draft Standard for Learning Object Metadata (LOM)* ein spezifische Belange des Bildungssektors berücksichtigender Metadaten-Standard entwickelt, der in seiner derzeitigen Form noch sehr viele Freiheitsgrade wie zum Teil auch Inkonsistenzen aufweist (vgl. BRASE / PAINTER / NEJDL 2003, S. 3 ff.), der aber dennoch wichtige Ansatzpunkte zur Organisation digitaler Objekte in der Arbeit von Lehrkräften liefern kann. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die abschließende Version dieses IEEE-Standards vom 15. Juli 2002 (vgl. IEEE-LTSC 2002).

LOM definiert eine Struktur zur interoperablen Beschreibung digitaler wie auch dinglicher Lern-Objekte. Die Metadaten sind nicht Bestandteil der Lern-Objekte, vielmehr können einem Lern-Objekt mehrere unterschiedliche Metadatensätze zugeordnet werden. Die Metadaten-Struktur besteht aus 45 LOM-Datenelementen. Diese werden zum Teil aus mehreren Unterelementen gebildet, so dass eine diese einschließende Zählweise 58 Elemente liefert. Die LOM-Datenelemente werden neun semantisch ausgerichteten Kategorien zugeordnet (vgl. Tab. 2).

LOM-Kategorie	Erläuterung
1 General	Allgemeine, das Objekt als Ganzes betreffende Informationen (Titel, Sprache, Inhalt, Schlagwörter usw.).
2 Life Cycle	Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte sowie Status des Objektes einschließlich beteiligter Personen und ihrer Rollen.
3 Meta-Metadata	Angaben zu Status, Art und Entstehung des dem Lern-Objekt zugeordneten und hier verwendeten Metadatensatzes (also z. B. zur verwendeten LOM-Version).
4 Technical	Technische Anforderungen (Betriebssystem, Browser) und Charakteristika des Lern-Objektes (Daten-Format, Größe, Quelle).
5 Educational	Didaktische Eigenschaften des Objektes.
6 Rights	Urheberrechte, Nutzungskosten
7 Relation	Eine Liste typisierter Relationen zu anderen Lern-Objekten
8 Annotation	Eine der Intention nach im Lebenszyklus eines Objektes wachsende Liste didaktisch orientierter Anmerkungen und Hinweise zur Verwendung des Objektes.
9 Classification	Eine Liste von Verortungen des Lern-Objektes in unterschiedlichen Taxonomien.

Tab. 2: Kategorien des Draft Standard for Learning Object Metadata

LOM-Datenelemente können einfach und zum Teil auch mehrfach in einem konkreten Metadatensatz eingebracht werden. Der Standard gibt vor, welche Anzahl an Mehrfachnennungen von einer Indexierungs-Software mindestens zu unterstützen ist. Die Mehrfachverwendung von LOM-Datenelementen kann in Form ungeordneter oder geordneter Listen erfolgen. Letztere bieten sich beispielsweise an, wenn ein Lern-Objekt mehrfach in Taxonomien verortet werden soll, wobei die Reihenfolge dann eine Gewichtung der Verortungen wiedergibt. Durch die mögliche Mehrfachverwendung einiger Kategorien wie auch der LOM-Datenelemente innerhalb der Kategorien können konkrete LOM-Instanzen durchaus Ausmaße deutlich jenseits der Zahl der 58 LOM-Datenelemente annehmen.

Jedem LOM-Datenelement ist ein Datentyp und zum Teil auch ein Wertebereich zugeordnet. Es werden die Datentypen Characterstring, Langstring, Vocabulary und Date unterschieden. Ein Characterstring ist eine normale Zeichenfolge, wobei der Standard wiederum vorschreibt, welche Zeichenanzahl von einer Indexierungs-Software mindestens zu unterstützen ist. Ein Langstring ist eine Struktur, welche es ermöglicht, den Wert eines LOM-Datenelements in unterschiedlichen Sprachen oder auch auf unter-

schiedliche Arten auszudrücken. Ein Langstring wird durch eine ungeordnete Liste von Paaren aus Characterstrings gebildet, wobei der erste Characterstring des Paares eine Sprache aus dem nach ISO 639 bzw. ISO 3166 definierten Wertebereich enthält (z. B. „en“ für Englisch) und der zweite Characterstring dann den Wert des Datenelements in dieser Sprache aufnimmt.

Der Datentyp Vocabulary setzt sich aus zwei Langstrings zusammen. Der erste kennzeichnet die Quelle des Vokabulars, der zweite dann den daraus gewählten Wert. Soll ein Wert aus dem im LOM-Standard unter Wertebereich angegebenen Vokabular stammen, so muss kein Vokabular oder (en, „LOMv1.0“) angegeben werden. Alternativ lässt sich beispielsweise durch Angabe eines URI auch ein externes Vokabular verwenden. Ausführlich befasst sich eine Arbeitsgruppe des CEN/ISSS WS/LT mit dem Themenbereich Vokabulare, Taxonomien, Klassifikationen usw. (vgl. CEN/ISSS WS-LT - PROJECT GROUP ON VOCABULARIES -Website). Es findet sich hier eine Sammlung von multilingual ausgeführten Vokabularen für den Bildungsbereich wie insbesondere für alle LOM-Datenelemente mit dem Datentyp Vocabulary (vgl. CEN/ISSS WS-LT 2002). Angaben vom Typ *Date* setzen sich schließlich aus einem Characterstring mit einem Wert zur Datumsangabe nach ISO 8601 sowie einem Langstring zur Beschreibung des Datums zusammen.

Mit Blick auf die besondere Eigenschaft digitaler Objekte, auch als Aggregate unterlagerter anderer digitaler Objekte zu existieren, sind die folgenden LOM-Datenelemente von Interesse. Das LOM-Datenelement *1.7 General.Structure* beschreibt die innere Struktur des Lern-Objektes mit einem definierten Vokabular. LOM sieht hier derzeit die Vokabeln *Atomic*, *Collection*, *Networked*, *Hierarchical* und *Linear* vor. In Zusammenhang hiermit steht das Element *1.8 General.AggregationLevel*, welches Hinweise zum Aggregationsgrad des Objektes liefert. Das LOM-Vokabular unterscheidet hier 4 Einträge:

- *Level 1*: Rohdaten wie Bilder, Klänge, Videosequenzen.
- *Level 2*: Sammlung aus Level 1-Objekten, z. B. Web-Seiten mit eingebetteten Bildern.
- *Level 3*: Sammlung aus Level 2-Objekten, z. B. ein Web aus HTML-Dokumenten.

- *Level 4*: Kurs, Lehrgang, Modul.

Zu beachten ist hier, dass widersprüchliche Kategorisierungen im Prinzip möglich sind. So könnte ein Objekt unter 1.7 als *Atomic* klassifiziert werden und gleichzeitig unter 1.8 auf *Level 3* ausgezeichnet werden, was definitiv keinen Sinn macht. In Bezug auf die Kategorien *Single* und *Combined-closed* der Wiley-Taxonomie kann eine gewisse Entsprechung mit *Level 1* und *Level 2* ausgemacht werden, während strategisch ausgerichtete Lern-Objekte wie *Generative-instructional* oder *Generative-presentation* zunächst als solche nicht kenntlich gemacht werden können. Hier wäre es denkbar, das Datenelement 1.8 durch ein verändertes Vokabular stärker im Sinne einer didaktischen und weniger einer technischen Aggregation auszuprägen.

Im Weiteren soll die Kategorie 5 *Educational* etwas näher betrachtet werden. Hier finden sich Unterkategorien zur didaktischen Einordnung von Lern-Objekten.

- *InteractivityType* legt fest, in welcher Weise die Interaktion zwischen Nutzer und Lern-Objekt erfolgt. Das Vokabular sieht hier die möglichen Einträge *Active* (wechselseitiger Informationsfluss einschließlich Simulationen oder Übungen), *Expositive* (Informationsfluss vom Objekt zum Lerner, z. B. Texte, Bilder und Filme) und *Mixed* vor.
- *LearningResourceType* legt den Typ des Lern-Objektes fest. Das Vokabular sieht hier die Einträge *Exercise*, *Simulation*, *Questionnaire*, *Diagram*, *Figure*, *Graph*, *Index*, *Slide*, *Table*, *Narrative Text*, *Exam*, *Experiment*, *Problem Statement*, *Self Assessment* und *Lecture* vor. Definitionen oder Erläuterungen, was im Einzelnen unter den möglichen Einträgen zu verstehen ist, sind nicht Bestandteil des Standards (vgl. SIMON 2002, S. 3 ff.). Darüber hinaus liegt den hier möglichen Einträgen eine Sichtweise von Lern-Objekten zugrunde, die diese vorrangig als Lern-Medien für Lernende versteht. Ein Lehrplan als ein für die Arbeit von Lehrkräften zentrales Dokument ließe sich hier beispielsweise nur durch Ergänzung des bestehenden Vokabulars verorten. Im Gegensatz zu dieser eingeschränkten Sicht auf Lern-Objekte steht die nachfolgende Kategorie.
- *Intended End User Role* spezifiziert die anvisierte Zielgruppe. Den hier vorgesehenen Einträgen *Teacher*, *Author*, *Learner* und *Manager* liegt ein vergleichsweise allgemein gefasstes Verständnis von Lern-Objekten zugrunde. In der Zielrichtung *Manager* wird beispielsweise ein Curriculum als möglicher Objekt-Typ ge-

nannt, für Autoren könnte das Lern-Objekt beispielsweise ein Software-Tool zur Erstellung von neuen Objekten sein.

- *Interactivity Level* beschreibt den Grad der Interaktivität zwischen Objekt und Nutzer mit den fünf möglichen Werten *very low*, *low*, *medium*, *high* und *very high*. Wiederum ist hier eine widersprüchliche Kategorisierung möglich, wenn z. B. der Wert *high* gewählt - und das Objekt gleichzeitig als *Expositive* charakterisiert wird.
- *SemanticDensity* beschreibt mit gleichem Vokabular eine Dichte der Information. So wäre ein 90-minütiges Lehrvideo ein Objekt mit relativ geringer Dichte, während die 5-minütige Zusammenfassung des gleichen Videos eine vergleichsweise hohe Dichte hätte.
- *Context* liefert eine Liste vorgesehener Einsatzfelder (*Primary school*, *higher education*, *training*, *other*).
- Schließlich können unter *Typical Age Range*, *Difficulty* und *Typical Learning Time* noch Angaben zum Altersbereich des Nutzers, zum zielgruppenbezogenen Schwierigkeitsgrad (*very easy*, *easy*, *medium*, *difficult*, *very difficult*) und zur typischen Lerndauer gemacht werden. Hierbei ist wiederum zu beachten, dass die fehlende Orthogonalität der Kategorien *Typical Age Range*, *Difficulty*, *Typical Learning Time* wie auch *SemanticDensity* erhebliche Inkonsistenzen erzeugen kann.

In Kategorie 7 kann eine Liste von Relationen zu anderen Lern-Objekten definiert werden. Jeder Listeneintrag spezifiziert das Bezugsobjekt sowie die Art der Relation. In dem angegebenen LOM-Vokabular werden die Arten *IsPartOf*, *HasPart*, *IsVersionOf*, *HasVersion*, *IsFormatOf*, *HasFormat*, *References*, *IsReferencedBy*, *IsBasedOn*, *IsBasisFor*, *Requires*, *IsRequiredBy* unterschieden. Im Prinzip und unter Voraussetzung geeigneter Werkzeuge ließe sich unter Ausnutzung dieser Kategorie ein semantisches Netz aus Lern-Objekten erzeugen, welches dem Lernenden dann neben dem Lern-Objekt selbst auch dessen kontextuelle Einbettung nutzen ließe. Allerdings müsste wohl das LOM-Vokabular hinsichtlich der Eignung der vorzufindenden Mischung semantischer wie datenbezogener Relationen überdacht werden. STEINMETZ u. a. schlagen hier eine Beschränkung auf didaktische Relationen vor (vgl. STEINMETZ / SEEBERG / STEINACKER 2001).

Die Erweiterbarkeit des Standards zeigt sich durch den möglichen Ersatz wie die Erweiterung der in LOM definierten Vokabulare wie insbesondere auch in der Kategorie 9. Hier kann das Lern-Objekt in einer Liste etablierter wie auch für eine spezifische Domäne bedarfsorientiert erzeugter Klassifikationssysteme zusätzlich verortet werden (vgl. IEEE-LTSC 2002).

3.1.2.3 LOM-Implementation: IMS und SCORM

Zur praktischen Nutzung des LOM-Standards bedarf es weiterer Konkretisierungen, beispielsweise zur Kodierung der Metadaten in XML. Auch existieren Spezifikationen zur Sequenzierung und Gruppierung von Lern-Objekten, wobei auch nur das Aggregat mit Metadaten ausgezeichnet werden kann (vgl. IMS 2001a, 2001b, 2001c). Der Entwurf einer Adaption der Educational Modelling Language liegt vor (vgl. IMS 2002). Weitere Schritte auch hin zu entsprechenden IKT-Anwendungen geht das *Sharable Content Object Reference Model (SCORM)*, das neben eines Modells zur Aggregation von Inhalten auch Grundzüge einer Laufzeitumgebung spezifiziert (vgl. ADL 2001a, S. 1 ff.). Hinsichtlich des Metadatenmodells basiert SCORM auf den ebenda angeführten Vorgaben des IMS und damit auf LOM (vgl. ADL 2001b, S. 2 ff.). SCORM unterscheidet bei Lern-Objekten die drei Aggregationsgrade Asset (Rohdaten wie Bilder, Klänge, Video-Clips), SCO (Sharable Content Object) und Content Aggregation. Zur Reduzierung des Indexierungsaufwandes definiert SCORM eine Untermenge an obligatorischen LOM-Datenelementen. Die geringsten Anforderungen werden dabei an *Assets* mit 7 Elementen gestellt, für SCO und Content Aggregation sind jeweils die gleichen 16 Elemente zwingend (vgl. ebenda).

3.1.3 Programme und Portale für Lern-Objekte in der Praxis

Viele etablierte Anbieter von Autorenwerkzeugen wie Lernplattformen sind im Begriff, die beschriebenen Metadaten-Spezifikationen nach LOM bzw. IMS/SCORM in ihre Software-Systeme zu integrieren bzw. haben eben dieses vollzogen. Es sind technische Lösungen verfügbar, die über das Experimentalstadium hinausgehen. Zur Auszeichnung von Lern-Objekten mit Metadaten nach LOM bzw. IMS/SCORM kann beispielsweise das frei verfügbare *Microsoft LRN Toolkit 3.0* verwendet werden (vgl. MICROSOFT LRN-Website). Auf einfache Weise lassen sich mittels dieser Software aus populären Anwendungen des gleichen Herstellers (PowerPoint, FrontPage) heraus direkt

IMS/SCORM-kompatible Einheiten erzeugen. Andere frei verfügbare Lösungen sind das Toolkit der Firma Sun oder ImseVimse (vgl. SUN DEVELOPER'S TOOLKIT-Website, IMSEVIMSE-Website).

Eine etablierte Gesamtlösung zum Zugriff auf Lern-Objekte bietet das ARIADNE-Projekt des vierten EU-Rahmenprogrammes (vgl. CARDINAELS u. a. 1998). Im fünften Rahmenprogramm finden sich zahlreiche ähnlich gelagerte Projekte, die sich mit dem Aufbau von IMS/LOM-basierten Indexierungen von Lern-Objekten sowie dem Bereitstellen darauf zugreifender Such-Portale befassen (vgl. Websites von CANDLE, CUBER, UNIVERSAL, EASEL).

Ein anderer Ansatz ist, Metadaten für Lern-Objekte auf Basis von P2P-Netzen ähnlich den Musik-Tauschbörsen zugänglich zu machen. Zu erwähnen ist hier das *Portal for Online Objects in Learning*, ein Projekt kanadischer Bildungsinstitutionen und verschiedener Firmen (vgl. POOL-Website). *Edutella* ist ein ähnlich angelegtes und im nordeuropäischen Raum beheimatetes Open-Source-Projekt zum Aufbau einer Metadaten-Infrastruktur für P2P-Anwendungen. Es strebt eine Integration unterschiedlicher RDF-basierter Ontologien an (vgl. EDUTELLA-Website). Mögliche Anwendungsszenarien finden sich beispielsweise im Rahmen der arbeitsprozessorientierten Weiterbildung im IT-Bereich (vgl. BMBF 2002, S. 91 ff.).

Insgesamt finden sich zahlreiche etablierte Internet-Portale, die einen metadatenbasierten Zugriff auf bildungsrelevante digitale Objekte bieten und die auch mittels entsprechender Online-Formulare das Auszeichnen neuer Objekte erlauben. Dabei kommen Metadaten nach LOM, Dublin Core bzw. Dublin Core Education wie vielfach auch domänenspezifische Erweiterungen dieser Standards zum Einsatz. Die mittels der Portale zu findenden Lern-Objekte sind höchst heterogen. Weitergehend standardisierte Lern-Objekte kann man wohl eher innerhalb wohl behüteter *Rohstoffsammlungen* von Content-Herstellern vermuten.

- *Educational Object Economy* ist eine seit 1994 bestehende Gruppierung von Lehrenden, die über 2600 als Java-Applets ausgeführte Lern-Objekte zur Verfügung stellt. Die Indexierung erfolgt nach Dublin Core (vgl. EOE-Website).
- *Gateway to Educational Materials* ist ein vom U.S. Department of Education gefördertes Konsortium von über 400 Institutionen zur Unterstützung Lehrender. Es besteht Zugriff auf über 24000 Lern-Objekte, die definierten Qualitätsstan-

dards genügen. Im Zuge der Vereinheitlichung von Ontologien wird seit Mitte des Jahres 2002 ein RDF-basiertes Metadaten-System verwendet, welches DC-Metadaten sowie alle Empfehlungen zu Dublin Core Education integriert (vgl. GEM-Website).

- Der *Deutsche Bildungsserver (DBS)* betreibt als informatisches Zentrum eines Netzes von Bildungsservern der Bundesländer unterschiedliche Datenbanken für die Bereiche Institutionen, Ressourcen, Personen und Veranstaltungen. Neue Objekte können über ein Online-Formular mit Metadaten nach Dublin Core angemeldet werden. Diese Informationen werden dann nach einer Qualitätskontrolle in die Datenbank des Bildungsservers aufgenommen (vgl. DBS-Website sowie DIEPOLD 1998). Eine vergleichbare Funktion wie dem DBS kommt dem Europäischen Schulnetz zu (vgl. EUROPEAN SCHOOLNET-Website, EUN-SPIDER-Website).
- Die *Scottish Electronic Staff Development Library* ist ein Projekt von drei schottischen Universitäten mit inhaltlichem Schwerpunkt bei Informations- und Kommunikations-Technologien. Nach einer kurzen Registrierungsprozedur besteht Zugriff auf eine Sammlung von mehr als 1000 Objekten, die nach LOM beschrieben sind (vgl. SESDL-Website).
- Die *SMETE Open Federation* schließt verschiedene US-amerikanische Bildungsinstitutionen wie auch Firmen ein und steht in engem Verbund mit dem *National Engineering Education Delivery System*. SMETE bietet Zugriff auf einige Tausend nach LOM/IMS indexierte Lern-Objekte aus den Bereichen „... science, mathematics, engineering and technology at all levels.“ (vgl. SMETE-Website, NEEDS-Website).
- *Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching (MERLOT)* ist ein aus Arbeiten der California State University hervorgegangenes und seit 1997 für Lernende und Lehrende offenes Portal zum Zugriff auf einige Tausend nach LOM/IMS beschriebene Lern-Objekte. An MERLOT partizipieren international über 1000 Hochschulen (vgl. MERLOT-Website).
- Das *TeleCampus Online Course Directory* ist eine kanadische Initiative des New Brunswick Distance Education Network zur Verbesserung des Zuganges zu unterschiedlichen Bildungsangeboten für die Einwohner der Region. Unter den

über 60000 Angeboten finden sich auch ca. 4500 frei verfügbare nach LOM/IMS ausgezeichnete Lern-Objekte (vgl. TELECAMBUS-Website). In Kanada finden sich weitere staatlich unterstützte Initiativen im Bereich von Lern-Objekten, welche in ein nationales Verzeichnis von Lern-Objekten münden sollen (vgl. ALEXANDRIA-Website).

3.2 Topic Maps

Topic Maps definieren ein Modell zur Erzeugung semantischer Netzwerke, mit deren Hilfe die Organisation und der Zugriff auf die stetig wachsenden Informationsbestände verbessert werden kann. Topic Maps haben seit dem Jahr 2000 den Rang eines ISO-Standards. XTM stellt eine XML-basierte Version des ursprünglich auf SGML²⁷-Repräsentationen beruhenden Standards dar und ist heute Bestandteil des ISO-Standards (vgl. TOPICMAPS.ORG AUTHORIZING GROUP 2002, ISO/IEC 13250 2002). Topic Maps bündeln viele in den letzten Jahrzehnten diskutierte und erprobte Ansätze im Umfeld semantischer Netze wie Concept Maps, Wissenslandkarten, Conceptual Graphs (vgl. SOWA 2000, MANDL / FISCHER 2000).

Topic Maps sind ein Instrument, mit dem sich begriffliche Zusammenhänge formulieren und damit repräsentieren lassen. Im Sinne der Informatik fungieren sie als eine Art der Wissensrepräsentation und können in ihrer spezifischen Gestalt als individuelle oder beispielsweise domänenspezifische Ontologien angesehen werden. Topic Maps sind letztlich semantische Netze. Sie bestehen aus Begriffe repräsentierende Topics, die zueinander in Relationen stehen und jeweils auch Verweise auf relevante Informations-Objekte enthalten können. Mit Topic Maps lassen sich alle erdenklichen begrifflichen Ordnungssysteme wie Suchhilfen modellieren und austauschen. In einer vereinfachten Sicht entspricht eine Topic Map dem Index eines Fachbuches, wobei die Topics den im Index aufgeführten Begriffen entsprechen, denen dort dann unterschiedliche Vorkommnisse im Sinne von Informationsquellen zugeordnet sind. Über solche Verzeichnisse hinausgehend stehen die Topics in Topic Maps zueinander in unterschiedlichen Rela-

²⁷ Standard Generalized Markup Language

tionen, was eine Abbildung polyhierarchischer Ordnungssysteme in den so entstehenden Netzen ermöglicht. Zudem existiert eine Topic Map losgelöst von spezifischen Informations-Objekten wie dem zu einem Index gehörenden Buch. Sie kann als eine Art Repräsentation individueller oder auch domänenspezifisch weitgehend verbindlicher begrifflicher Strukturen aufgefasst werden (vgl. PEPPER 2000, vgl. RATH 2003).

Unterschiedliche Topic Maps lassen sich zusammenführen. Finden sich in den zusammenzuführenden Maps gleiche Topics mit unterschiedlichen Namen, so ist dies solange unschädlich, wie die Identität der Begriffe über hierfür implementierte Mechanismen festgestellt werden kann. Eine weitere bedeutsame Eigenschaft von Topic Maps ist es, unterschiedliche Sichten auf Topics zu ermöglichen. In kooperativen Ansätzen der Informationsorganisation erleichtert dies ein unschädliches Nebeneinander unterschiedlicher individueller Konstruktionen der Welt, zudem lassen sich mittels unterschiedlicher Sichten z. B. auch unterschiedliche eindimensionale Hierarchien aus den vieldimensionalen Netzen herausfiltern und sichtbar machen. Grundsätzlich lassen sich Topic Maps in unterschiedlichsten Granularitäten erzeugen und auch nach und nach verfeinern. So ist ein als Topic repräsentierter Begriff denkbar, der in einer weiteren Topic Map verfeinert wird. Mit den heute verfügbaren IKT-Lösungen lassen sich Topic Maps auf unterschiedliche Arten visualisieren und in diesen Darstellungen auch navigieren. Über spezielle Abfragesprachen wie TMQL (Topic Map Query Language) können komplexe Abfragen unter Verwendung bestehender Relationen und Sichten realisiert werden (vgl. SIEGEL 2001).

Im Gegensatz zum LOM-Standard, der sich im Kern um die bildungsdomänenspezifische Definition geeigneter semantischer Kategorien zur Nutzung des Ordnungs-Instrumentes *Metadaten* bemüht, stellen Topic Maps ein weiteres Ordnungs-Instrument dar, das zunächst keinerlei Bezüge zu einer spezifischen Domäne aufweist. Während der LOM-Standard digitale Objekte bzw. Lern-Objekte in den Mittelpunkt stellt und diese mittels Metadaten beschreibt, arbeitet der Topic Map Standard auf einer oberhalb von konkreten digitalen Objekten angesiedelten Ebene. In dieser lassen sich semantische Netze konstruieren, die in der jeweils verfolgten Zielstellung bedeutsame Zusammenhänge in begrifflicher Art repräsentieren. Diese Netze bilden dann Bezugssysteme, in dem z. B. digitale Objekte verortet und auch objektbezogene Metadaten abgelegt werden können. Ein TM-basiertes System zur Organisation digitaler Objekte weist demnach also wenigstens zwei Ebenen aus, wie Abb. 30 zeigt.

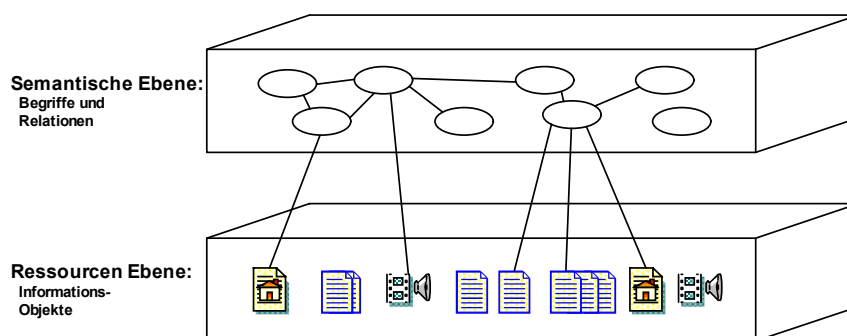


Abb. 30: Ebenen einer Topic Map basierten Organisation digitaler Objekte

3.2.1 Grundlegende Konzepte des Topic Map Standards

Die folgenden Ausführungen stellen zentrale Konstrukte der Topic Maps und deren Funktion insbesondere mit Blick auf die Organisation digitaler Objekte dar. Für eine vollständige Darstellung der Standards wird auf die entsprechenden Dokumente der Standardisierungsgremien verwiesen (vgl. TOPICMAPS.ORG AUTHORIZING GROUP 2002, ISO/IEC 13250 2002). Die XML-Version der Topic Maps zeigt eine insgesamt etwas zugänglichere Formulierung des Standards, verzichtet aber gegenüber der SGML-Version auf Konstrukte wie *facets*, die eine einfache Zuordnung von Metadaten erlauben, und auch auf die Möglichkeit, Scope-Attribute bereichsweise, z. B. für eine ganze Map, zu vergeben (vgl. HECKEL 2001, S. 9 ff.). Letztlich gehen mit diesen Einschränkungen keine wesentlichen Veränderungen der semantischen Ausdrucksmöglichkeiten einher. In der Implementierung ergibt sich jedoch häufig ein Mehraufwand, da fehlende Konstrukte z. B. durch Definition weiterer Topics ersetzt werden müssen. Bei der XML-Variante wurde letztlich zugunsten einer übersichtlicheren Sprachdefinition eine in der praktischen Durchführung aufwändigere Vorgehensweise in Kauf genommen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich zunächst auf Grundkonzepte und Elemente, die sich in beiden Varianten wiederfinden.

3.2.1.1 Topics: Stellvertreter für alles Erdenkliche

Topics sind die zentralen Elemente einer Topic Map. Topics können alles, für was es Begriffe des menschlichen Denkens gibt und damit im Prinzip alle Dinge der physikalischen wie ideellen Welt repräsentieren. Der Topic Map Standard spricht in diesem Zusammenhang von *subjects*. Die Erzeugung eines Topics für ein *subject* wird *reification* genannt (vgl. Abb. 31). Für das Zusammenführen von Topic Maps ist es von zentraler Bedeutung, dass identische Dinge auch durch identische Topics repräsentiert wer-

den. Bezieht sich ein Topic auf ein für Computer adressierbares Ding, so wird die Identität über die URI bzw. URL hergestellt. Für nicht adressierbare Dinge existiert der Mechanismus des *subject indicators*, der in veröffentlichter Form auch als *published subject indicator (PSI)* bezeichnet wird. Hierbei handelt es sich um eine im Prinzip fiktive Netzwerkadresse, wie z. B. <http://www.bs-husum.de/psi.xtm#Ausbildungsberuf>, die als Referenz fungiert. Beziehen sich zwei Topics auf die gleiche Adresse, so sind diese als identisch zu betrachten (vgl. Abb. 31). Praktisch sollte die Adresse in aufgelöster Darstellung eine textuelle Definition des Dinges liefern, so dass sich ein Anwender Klarheit über die Bedeutung eines Topics verschaffen kann. Damit dieser Mechanismus greift, sollten sich die PSIs auf nicht zu viele Sammelstellen konzentrieren, die dann in der Art domänenspezifischer Ontologien fungieren.

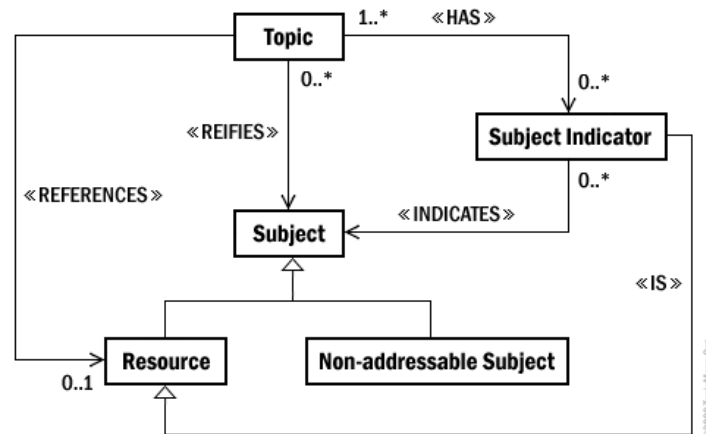


Abb. 31: Topic: Reifikation und Referenz (Quelle: Topicmap.org 2000)

Neben der möglichen und einmaligen Festlegung der Identität kann ein Topic darüber hinaus folgende Bestandteile in beliebiger Anzahl enthalten:

- Verweise auf übergeordnete Superklassen, die ihrerseits wiederum Topics sind.
- Unterschiedliche Namen, wobei für jeden Namen angegeben werden kann, in welcher Sicht (scope) dieser relevant ist.
- Unterschiedliche dem Topic zuzuordnende Occurences bzw. Vorkommnisse (z. B. digitale Objekte). Diese Occurences können innerhalb des Topics oder im Rahmen eigener Topics, auf die dann verwiesen wird, spezifiziert werden (siehe nächster Abschnitt).

3.2.1.2 Occurrences: Belegstellen und Vorkommnisse eines Topic

Occurrences sind einem Topic zugeordnete Verweise auf externe Ressourcen, wie z. B. digitale Objekte, die mit dem Topic in Zusammenhang stehen. In der XTM-Variante können Occurrences auch als sogenannte Inline-Occurrences ausgeprägt werden. Dies sind in der Regel kurze Informationstexte zum Topic, die an Stelle eines Verweises auf ein externes Objekt direkt in der entsprechenden Occurrence-Sektion eines Topics eingebracht werden können und somit Bestandteile einer Topic Map sind. Um die Art des Zusammenhanges zwischen Topic und Occurrence zu kennzeichnen, können Occurrences unterschiedlichen Superklassen zugeordnet werden, die diese dann als Instanzen von Superklassen wie z. B. Homepage, Artikel, Video usw. kennzeichnen (vgl. Abb. 32). Zudem können Occurrences mit Sichten (scopes) versehen werden, in der sie von Relevanz bzw. gültig sind. Natürlich können Occurrences auch durch eigene Topics repräsentiert werden, um vielfältigere Beschreibungs- und Assoziationsmöglichkeiten zu erhalten. Auf diese Weise ist es dann möglich, die im Rahmen einer Suche anzuzeigenden Occurrences bzw. Ressourcen in sehr differenzierter Weise zu spezifizieren.

3.2.1.3 Associations: Relationen zwischen Topics

Mit Hilfe von Assoziationen (Associations) lassen sich Relationen zwischen zwei oder mehreren unterschiedlichen Topics definieren. Assoziationen können als Instanzen übergeordneter Superklassen, die die Typen der Assoziationen beschreiben, definiert werden (vgl. Abb. 32). Ferner können Assoziationen mittels Scopes Sichtbarkeits- bzw. Gültigkeitsbereiche zugeordnet werden, so dass im Rahmen einer Suche oder Navigation nur ausgewählte Dimensionen des semantischen Netzes sichtbar sind. Zu jeder Assoziation sind wenigstens zwei Topics zu spezifizieren, die zu dieser gehören. Hierzu kann für jedes der beteiligten Topics angegeben werden, welche Rolle es in der Assoziation spielt. In einer Assoziation *Arbeitsverhältnis* können dann die Topics *Microsoft* und *Balmer* Mitglied sein, wobei Microsoft die Rolle *ist Arbeitgeber von* und Balmer die Rolle *arbeitet bei* spielt (vgl. Abb. 32). Derartige Rollen sind natürlich ggf. wieder als Topics zu definieren. Die grundlegenden Assoziationen *superclass-subclass* mit den zugeordneten Rollen *superclass* und *subclass* sowie *class-instance* mit den Rollen *class* und *instance* sind vordefiniert.

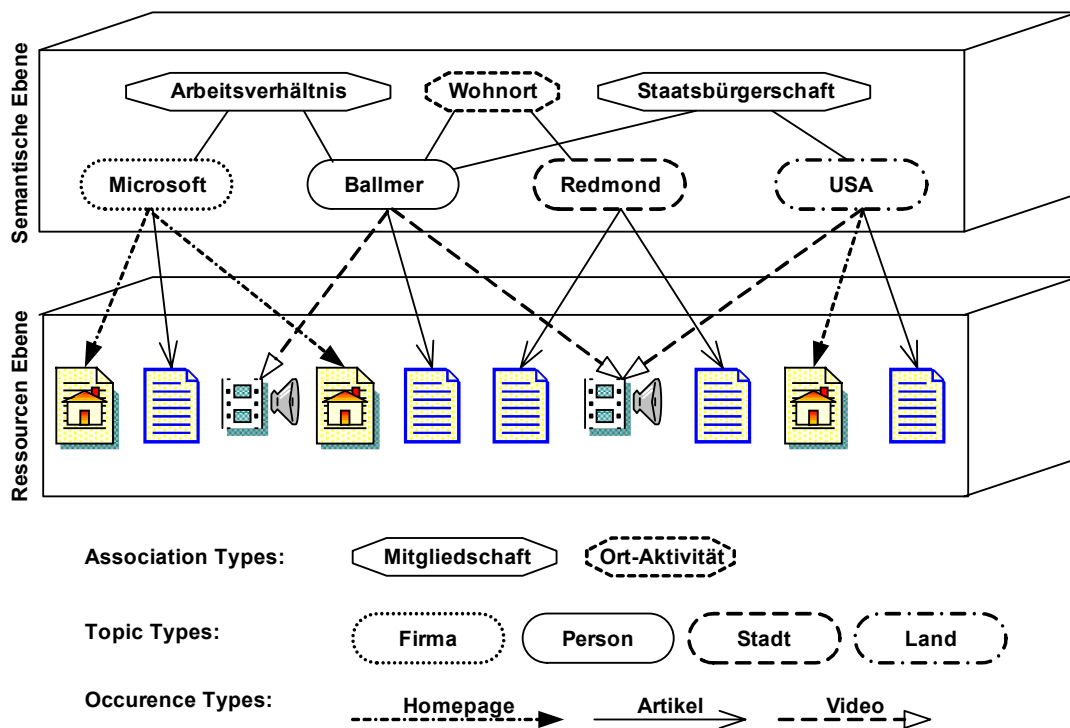


Abb. 32: Topics, Assoziationen und Occurrences

3.2.1.4 Scopes: Gültigkeitsbereiche, Kontexte und (An-)Sichten

Innerhalb einer Topic Map lassen sich beliebige Scopes (in der Art von Topics) definieren. Solchen Scopes können dann ausgewählte Assoziationen, Occurrences und auch alternative Topic-Namen zugeordnet werden. Im Ergebnis können damit innerhalb einer Topic Map durch An- und Abwahl bestimmter Scopes zugeordnete Gruppen von Assoziationen, Occurrences und Namen ein- und ausgeblendet werden. Hiermit lässt sich beispielsweise das Problem der Zusammenfassung von Synonymen und auch der Differenzierung von Homonymen lösen. Unterschiedliche Begriffe und damit verbundene Topics mit gleichem Namen lassen sich auch dadurch unterscheiden, dass ihnen unterschiedliche Scopes zugewiesen werden. Auf der anderen Seite lassen sich auch synonyme und auch mehrsprachige Benennungen eines Topics durch Scopes unterscheiden, indem z. B. ein Scope für den deutschen und ein weiterer Scope für den englischen Sprachraum existiert. Zudem ist die Möglichkeit, unterschiedliche Sichten zu definieren, aus zumindest zwei weiteren Gründen von großer Bedeutung:

- Mittels unterschiedlicher - bzw. auch begrenzter Sichten können bestimmte Dinge hervorgehoben und andere ausgeblendet werden, so dass bei geschickter

Ausnutzung dieses Mechanismus das Relevanteste hervortritt. Damit kann ein entscheidender Beitrag geleistet werden, die durch ein großes Angebot an Informationen hervorgerufene Komplexität zu reduzieren.

- Mittels unterschiedlicher Sichten können auch unterschiedliche Meinungen und Auffassungen unschädlich bzw. in bereichernder Weise nebeneinander existieren, was insbesondere in kooperativen Ansätzen von essenzieller Bedeutung ist. In einer Ontologie wird das den Kooperierenden Gemeinsame ausgedrückt, das naturgemäß nicht allumfassend ist. Mit unterschiedlichen Kontexten lassen sich dann nicht umfassend konsensfähige Teilaspekte formulieren (vgl. BOUQUET u. a. 2003)²⁸.

3.2.2 Weiterentwicklung des Topic Map Standards

Bei der Verabschiedung des Topic Map Standards wurde manche Detailfrage zugunsten einer zügigen Realisierung des Standards nicht abschließend behandelt. Im weiteren Verlauf hat auch die Implementation und praktische Erprobung Fragen zu Tage treten lassen, die bei der Erstellung so noch nicht berücksichtigt werden konnten (vgl. RATH 2000, S. 1). Ein wesentlicher Punkt, der einer Ergänzung bedarf, ist die fehlende Separierung des deklarativen Teils einer Topic Map (vgl. VATANT 2003). Wie die Ausführungen des vorangegangenen Abschnitts gezeigt haben, sind neben Topics, Occurrences und Assoziationen stets übergeordnete Klassen dieser anzugeben. Diese im Prinzip abstrakten Topics sind zumindest formal nicht von den konkreten Topics eines speziellen Anwendungsfalles zu unterscheiden. Genau diese Unterscheidung wäre jedoch sehr hilfreich, um z. B. unterschiedliche Rollen und Rechte in einem kooperativen Szenario

²⁸ „Contexts and ontologies have both strengths and weaknesses. It can be argued that the strengths of ontologies are the weaknesses of contexts and vice versa. On the one hand, the use of ontologies enables the parties to communicate and exchange Information. Shared ontologies define a common understanding of specific terms, and thus make it possible to communicate between Systems on a semantic level. On the weak side, ontologies can be used only as long as con-sensus about their contents is reached. Furthermore, building and maintaining (!) them may become arbitrarily hard, in particular in a very dynamic, open and distributed domain like the Web. On the other hand, contexts encode not shared Interpretation Schemas of individuals or groups of individuals. Contexts are easier to define and to maintain. They can be constructed with no consensus with the other parties, or only with the limited consensus which makes it possible to achieve the desired level of communication and only with the "relevant" parties. On the weak side, since contexts are local to parties, communication can be achieved only by constructing explicit mappings among the elements of the contexts of the involved parties; and extending the communication to new topics and/or new parties requires the explicit definition of new mappings” (BOUQUET u.a. 2003, S. 2 f.).

der Erstellung und Nutzung von Topic Maps zu realisieren. Hier könnte beispielsweise von einer übergeordneten Steuerungsgruppe eine Vorlage mit den zu verwendenden Klassen erstellt werden. Diese Vorlage wäre dann innerhalb der Anwendergruppe als verbindlich zu betrachten. Die in der Anwendung erzeugten Topics wären als Instanzen und Unterklassen der Klassen in der Vorlage auszugestalten und stünden so in einem übergeordneten Zusammenhang. Für derartige Vorlagen hat sich die Bezeichnung *Topic Map Template* etabliert (vgl. RATH 2000, S. 4 ff.).

Ein weiterer Mangel, der insbesondere bei der Bearbeitung komplexer Maps zum Tragen kommt, ist die innerhalb des Standards fehlende Berücksichtigung von Möglichkeiten, Beschränkungen zu definieren sowie deren Einhaltung und die Konsistenz einer Map insgesamt zu überprüfen (vgl. VATANT 2003). Dieser eher semiformale Charakter von Topic Maps zeigt sich beispielsweise auch bei dem Thema Assoziationen, zu dem im Standard keine weitergehenden Aussagen zur Ausgestaltung gemacht werden, obwohl im Rahmen unterschiedlicher Disziplinen wie der Mathematik, Linguistik und der Informatik zahlreiche Ansatzpunkte vorliegen. RATH verweist hier unter anderem auf die aus der Mathematik bekannten Typen bzw. Eigenschaften binärer Relationen wie Reflexivität, Transitivität, Symmetrie usw., die im Zuge von Suchoperationen die Ergebnislage verbessern können²⁹ (vgl. RATH 2000, S. 9). RATH schlägt zudem vor, grundlegende Assoziations-Typen in Templates festzuschreiben und soweit möglich zu hierarchisieren. So lässt sich die Relation *part-whole* in vier Subklassen - und diese in weitere Klassen gliedern, wobei in Klammern beispielhaft hierzu passende Instanzen angegeben sind:

- *functional-part* mit den Subklassen *phase-process* (z. B. Jugend-Leben) und *feature-activity* (z. B. zahlen-einkaufen),
- *segmented-part* mit den Subklassen *component-object* (z. B. Zweig-Baum) und *place-area* (z. B. Husum-Deutschland),
- *collection-member* mit den Subklassen *member-collection* (z. B. Baum-Wald) und *stuff-object* (z. B. Aluminium-Flugzeug) sowie

²⁹ So kann beispielsweise mit einer transitiven Relation der Art *liegt in* aus der Relation *Husum liegt in Schleswig-Holstein* sowie der Relation *Schleswig Holstein liegt in Deutschland* auf *Husum liegt in Deutschland* geschlossen werden.

- *subset* mit der Subklasse *portion-mass* (z. B. Brotscheibe-Brotlaib).

Weitere von RATH für bedeutsam erachtete Relationen sind *synonymy*, *similarity*, *order* (z. B. *less than*, *older than*, *closer to*, ...), *result-agent* (z. B. Bild-Maler, Gedicht-Dichter), *tool-agent* (z. B. Instrument-Musiker, Software-Nutzer) und *strict implication* (z. B. schnarchen-schlafen). Nach RATH sollte der Topic Map Standard derartige hierarchisierte Relationstypen definieren und auch aufgrund spezifischer Eigenschaften der Relationen mögliche logische Schlüsse explizieren. In gleicher Weise sollten hierzu passende Topic-Klassen und auch Rollen-Klassen definiert - und in der Kombination dieser geeignete Beschränkungen konstruiert werden (vgl. RATH 2000, S. 11 ff.).

Eine weitere interessante Frage ist die nach dem Verhältnis von Topic Maps zu den im Umfeld des Semantic Web diskutierten und verwandten Sprachen *Resource Description Framework* (RDF) und *Web Ontology Language* (OWL) wie deren Ahnen DAML und OIL. VATANT kommt in diesem Zusammenhang zu dem Ergebnis, dass Topic Maps und OWL ihre spezifischen Stärken und Schwächen haben und zumindest in Kernelementen (Topics und Individuals) ineinander überführbar sind (vgl. VATANT 2003, auch MOORE 2001). Auf der einen Seite fehlen Topic Maps Konstrukte zur Festlegung von Gültigkeits- und Wertebereichen, hier könnten OWL-Konstrukte zu einer stärkeren Formalisierung von Topic Maps beitragen. Auf der anderen Seite ermöglichen Topic Maps die Definition von Sichten (scopes), die in den Standards allerdings nur ansatzweise spezifiziert sind und so in TM-basierten Anwendungen durchaus unterschiedliche Interpretationen und Ausprägungen finden (vgl. VATANT 2003, GARSHOL 2003). OWL kennt derartige Konstrukte gar nicht, obwohl deren Nutzen weitgehend unstrittig ist (vgl. PEPPER / SCHWAB 2003). Zudem kennt die OWL keine n-wertigen Relationen. Schließlich ist festzustellen, dass OWL-Formulierungen sich auf im Netz adressierbare Objekte, die durch ihre URI eindeutig identifiziert sind, beziehen. Unklar bleibt im Rahmen der OWL, ob eine URI wie <http://www.w3.org/Consortium> sich nun auf die Website des W3C bezieht oder das Konsortium als solches meint, was mit Blick auf die Formulierung schlüssiger Relationen zu erheblichen Problemen führen muss. Dem gegenüber werden in Topic Maps ganz allgemein Dinge (subjects) in der Form von Topics reifiziert. Diese können als im Netz adressierbare Objekte mittels URI bzw. URL eindeutig angesprochen werden, mittels PSI können bei Bedarf auch Pseudoadressen zugewiesen werden. Eine solche Unterscheidung ist in OWL bzw. RDF derzeit nicht möglich, wo-

mit sich die im Kern auf computeradressierbare Ressourcen im Internet konzentrierte Sicht von RDF und OWL deutlich zeigt (vgl. PEPPER / SCHWAB 2003, GARSHOL 2003).

Innerhalb der ISO/IEC-Standardisierungsgremien liegen mittlerweile Entwürfe für ein leicht verändertes Datenmodell wie auch für ergänzende Topic Map Standards vor. Mit der *Topic Map Query Language* (TMQL) steht die Standardisierung einer Abfragesprache bevor, mittels der als Draft vorliegenden *Topic Map Constraint Language* (TMCL) lassen sich Regeln und Beschränkungen zur Erhöhung der Gültigkeit und Konsistenz von Topic Maps formulieren (vgl. ISO/IEC JTC1/SC34 2005)

3.2.3 Anwendungen von Topic Maps in der Praxis

Die möglichen Anwendungen von Topic Maps sind vielfältig. Zahlreiche Software-Systeme im Umfeld des unternehmensbezogenen Dokumenten-, Informations- und Wissensmanagements sind verfügbar, die sich intern einer Topic Map basierten Informationsstrukturierung bedienen (vgl. SMOLNIK 2003). In jüngster Zeit sind verstärkt Bemühungen erkennbar, Topic Maps im Kontext des Lehrens und Lernens einzusetzen. Im Jahr 2005 wurde in Oslo ein Workshop zum Thema *Learning Design and Topic Maps* abgehalten, wo führende Vertreter des IMS wie auch des Topic Map Standards zusammentrafen. Dem Vortrag von GARSHOL folgend bieten sich Topic Maps unter anderem zur Organisation von Lern-Objekten, zur Abbildung, Organisation und Wiederverwendung von Lerneinheiten, zur Organisation von Lernzielen, zur Vernetzung von Curricula und Lerneinheiten und auch zur Ergänzung von Metadaten zu Objekten an. Ferner lassen sich mittels Topic Maps domänenspezifische Wissensstrukturen repräsentieren und visualisieren, Lernende können im Zuge ihres Lernfortschrittes eigene Maps konstruieren und so ihren Fortschritt im Sinne eines Portfolios dokumentieren (vgl. GARSHOL 2005).

Ein im deutschsprachigen Raum angesiedeltes Vorhaben ist die LmTM-Website, auf der Topic Map basierte „Wissenskarten“ zu Themen wie „Induktion“ oder „Netzwerksicherheit“ angeboten werden. Mit Hilfe der Topic Maps lässt sich zu zugehörigen Informationstexten navigieren (vgl. LmTM-Website). In Zusammenhang mit diesem Angebot steht die OntoLearn-Website, die dem Thema *E-Learning mit Ontologien* geschuldet ist und im Gegensatz zur LmTM-Website OWL als Sprache verwendet. Ziel dieser

Web-Präsenz ist das kooperative Arbeiten an Ontologien zur Erschließung komplexer und fächerübergreifender Wissensgebiete (vgl. OntoLearn-Website).

Im Projekt *Topic Maps for Learning* (TM4L) werden ein Rahmenwerk wie zugehörige Software-Tools entwickelt, um Lernenden einen effizienten und kontextbasierten Zugriff auf Lern-Objekte zu ermöglichen und deren Kenntnisse über die Strukturen und Zusammenhänge in relevanten Domänen durch Navigierbarkeit und Visualisierung dieser sowie der Realisierung unterschiedlicher Perspektiven bzw. Sichten zu verbessern. Gleichzeitig soll Lehrkräften ein effektives Management und eine effektive Pflege von Informationen und Wissensrepräsentationen wie auch das kollaborative Erstellen und gegenseitige Nutzen von Lern-Objekten ermöglicht und die Wiederverwendbarkeit von Lern-Objekten verbessert werde. Kurz: „The fundamental idea is to build those libraries as both *concept-based* and *ontology-aware* repositories of learning objects.“ (DICHEVA 2004). Dem hierzu entwickelten Rahmenwerk liegt eine Organisation digitaler Objekte zugrunde, die zum einen in Topic Maps organisierte Begriffsnetze und zum anderen aber auch Metadatenstandards (Dublin Core, LOM) einbezieht. Konkret besteht das Rahmenwerk aus drei Ebenen. Im *Semantic layer* finden sich in einem semantischen Netz organisierte Schlüsselbegriffe eines bestimmten Wissensbereiches. Der *Resource layer* ist eine Sammlung für den Wissensbereich relevanter digitaler Objekte bzw. Lern-Objekte, auf die aus dem *Semantic layer* verwiesen wird. Schließlich gibt es einen *Context layer*, in dem unterschiedliche Sichten auf die anderen zwei Ebenen organisiert werden, die eine auf spezifische Situationen, z. B. Handlungs- oder Lernphasen, bezogene Auswahl relevanter Begriffe, Relationen und Assoziationen ermöglichen (vgl. DICHEVA 2004). Mit Blick auf den *Context layer* lassen sich im Zusammenhang mit der Erstellung und Nutzung von Lernangeboten durch Lehrende bzw. Autoren und Lernende grundsätzlich wenigstens vier zentrale Sichten ausmachen, die durch spezifische Ontologien repräsentiert sind:

- „1. *A domain ontology, with object classes from the discipline to be learned.*
2. *An instructional ontology, with topics and relations from the domain of pedagogy.*
3. *Author's ontology capturing the viewpoint of the instructor.*
4. *Learner's ontology capturing the viewpoint of the learner.*“ (DICHEV / DICHEVA 2005).

Neben solchen global definierten Kontexten können Kontexte auch lokal als Umfeld eines betrachteten Topics ausgestaltet werden. So kann ein lokaler Kontext dann zum einen das Umfeld eines betrachteten Topics mit nur unmittelbaren oder auch mittelbaren Nachbar-Topics eingrenzen. Zum anderen kann er z. B. nur solche Nachbarn darstellen, die in einer spezifischen Assoziation zum betrachteten Topic stehen. Neben der in Topic Maps schon vorgesehenen Assoziation Superklasse-Subklasse und Klasse-Instanz kommt insbesondere auch mit Blick auf modular gestaltete und in unterschiedlichen Granularitäten vorkommende Lern-Objekte der aus dem LOM-Standard bekannten Teil-Ganzes-Assoziation eine besondere Stellung zu, um als Bezugspunkt für unterschiedliche Sichten zu fungieren (vgl. DICHEV / DICHEVA 2005).

Einen ähnlichen Ansatz findet man im Projekt *Knowledge-Based Multimedia Medical Education (k-MED)* aus dem BMBF-Förderprogramm *Neue Medien in der Bildung*, das den Anspruch erhebt, „... die Effizienz des Medizinstudiums grundlegend zu verbessern ...“, indem die tradierte in Fächer gegliederte Sichtweise zugunsten einer integralen Gestaltung des Wissens aufgehoben wird. Im Ergebnis soll ein flexibel konfigurierbares webbasiertes System mit vorgegebenen Kursen wie auch Möglichkeiten des eigenständigen explorativen und problemorientierten Lernens entstehen (vgl. K-MED-Website). Die technologische Realisierung erfolgt unter Einbindung einer Topic Map basierten kommerziellen Softwarelösung. Das hiermit realisierte Rahmenwerk unterscheidet drei Ebenen. Die initial zu erstellende formale Wissensbasis bildet eine Art Begriffsraum („Concept-Space“), in dem bedeutsame Begriffe der Zieldomäne in semantische Relationen gebracht werden und somit ein Grundgerüst des Gebietes der Medizin bilden, das fachorientierten hierarchischen Klassifizierungssystemen überlegen ist. Den Begriffen dieses Grundgerüsts können nun verschiedene nach LOM ausgezeichnete Lern-Objekte zugeordnet werden. Mehrere unterschiedliche didaktische Strategien oder Sichtweisen eines Themas implementierende Lern-Objekte können einem Begriff zugeordnet werden und ermöglichen dem Lerner alternative Perspektiven. Die Pflege der Lern-Objekte (Austausch, Ergänzung usw.) gestaltet sich unspektakulär, da die kontextuelle Einbettung außerhalb der Lern-Objekte erfolgt. Der dritte Bereich wird dadurch gebildet, dass die Lern-Objekte durch sogenannte rhetorisch-didaktische Relationen miteinander verwoben werden und auf diese Weise didaktisch sinnvolle Sequenzierungen von Lern-Objekten vorgenommen werden können (vgl. SEEBERG 2002). Die entscheidenden Konzepte der informationstechnologischen Realisierung dieses Ansatzes

gehen auf STEINMETZ und Mitarbeiter am MULTIMEDIA COMMUNICATIONS LAB der TU Darmstadt zurück. Das MULTIBOOK-Projekt kann als Vorläufer eingestuft werden (vgl. MULTIBOOK-Website).

Zur inhaltlichen wie methodischen Flexibilisierung des universitären Lernens werden an der Universität Oslo Varianten der Informationsdarbietung erprobt, die sich multipler Perspektiven auf Informationen bedienen und ein ganzheitlich orientiertes, aktives und entdeckendes Lernen fördern sollen. Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Einsicht, dass die heute im Internet zu findende und über Hyperlinks vernetzte Fülle an Informationen deutliche Parallelen zu den in den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts verbreiteten „Spagetti“-Programmen zeigt, die aufgrund unzähliger „GOTO“-Anweisungen zunehmend undurchschaubar und unbeherrschbar geworden waren. Mit Blick auf auch in der Softwaretechnik erfolgreiche Lösungen wird hier nun der Ansatz gewählt, Informationen in kleineren Einheiten („polyscopic learning objects“) zu organisieren, die für sich genommen eine kohärente Sicht auf ein bestimmtes Thema repräsentieren. In Analogie zu unterschiedlichen Abbildungsmaßstäben von Landkarten werden die Sichten auf Informationen vertikal differenziert, indem sie entweder eher den Überblick und großen Zusammenhang zu einem Thema liefern oder eher Detailbereiche in den Blick rücken. In Analogie zu den unterschiedlichen Darstellungsarten von Landkarten (geografisch, politisch, wirtschaftlich usw.) werden die Sichten auf Informationen zudem horizontal organisiert, um zum einen unterschiedliche Aspekte und Belange hervorzuheben, zum anderen aber auch unterschiedliche und ggf. konkurrierende Auffassungen und Darstellungen zu Themen zu ermöglichen. Zur Umsetzung derartiger Ansätze werden Topic Maps eingesetzt, in denen unterschiedliche Sichten wie auch n-wertige Relationen definiert werden können (vgl. KARABEG / GUESCINI / NORDENG 2005).

3.3 LOM-basierte Konzepte und Topic Maps im Vergleich

Mit Blick auf die Forschungsfrage F 11 ist zusammenfassend festzustellen, dass mit dem *Standard for Learning Object Metadata* des IEEE ein Metadaten-Standard vorliegt, der speziell der Beschreibung und Klassifizierung digitaler Objekte im Kontext von Lehr- und Lernprozessen dient. Im Umfeld dieses Metadaten-Standards finden sich einerseits primär auf Instruktion abzielende Ansätze, die sich um eine effiziente Gestal-

tung von E-Learning-Szenarien bemühen und sich mit einer diesbezüglich geeigneten Formierung von kleineren Lern-Objekten und deren Sequenzierung und Aggregation zu komplexeren Lern-Objekten beschäftigen und vorrangig die Interessen einer kommerziellen Content-Erstellung bedienen. Andererseits finden sich eher konstruktivistisch geprägte Ansätze, die vielfältig gestaltete Lern-Objekte als unterstützende und ergänzende Medien in komplexen Lehr- /Lernarrangements sehen. In dieser Perspektive können dann die ebenda beschriebenen Internet-Portale als eine Art Kooperationsort zum Tausch und gegenseitigen Nutzen digitaler Objekte fungieren. Derartige Portale sind durch eine kooperative Organisation digitaler Objekte geprägt, in der Metadaten eine verbesserte Beschreibung und damit ein verbessertes Auffinden vorhandener Objekte ermöglichen sollen.

Hinsichtlich des Beitrages der beschriebenen Ansätze zur effizienten individuellen wie kooperativen Organisation digitaler Objekte (Forschungsfrage F 12) ist festzustellen, dass mittels des *Standard for Learning Object Metadata* unter der Voraussetzung der Verfügbarkeit geeigneter Software-Lösungen eine Verbesserung der zielgenauen Selektion vorhandener digitaler Objekte möglich ist und so ein Beitrag zur effizienteren Organisation geleistet werden kann. Die geschilderten Ansätze, das didaktische Design von Lehr-/Lernszenarien auf ein Informationsmodell abzubilden sowie neben den Metadaten auch die Gestalt von Lern-Objekten möglichst umfassend zu standardisieren, sind im Kontext dieser Arbeit nur bedingt von Relevanz. Zwar gibt es, wie einleitend dargestellt, Anzeichen dafür, dass die Arbeit von Lehrkräften künftig stärker auch von dem Erfordernis geprägt sein wird, elektronische Selbstlernmaterialien zu erstellen. Ob hier dann umfassend standardisierte, gleichförmige Lern-Objekte geeignet sind, auf die Anforderungen einer hochkomplexen und vielfach verwobenen Arbeits- und Lebenswelt vorzubereiten, steht zumindest in Frage.

Die individuelle wie kooperative Organisation digitaler Objekte in der Arbeit von Lehrkräften kann durch Metadaten substantiell verbessert werden. Dem gegenüber steht ein hierzu erforderlicher Mehraufwand zur Erzeugung der Metadaten. Die Auszeichnung mit Metadaten, die im Kern nicht automatisierbar ist, erzeugt einen Zielkonflikt zwischen einer möglichst detaillierten Auszeichnung wie einer möglichst zeiteffizienten Realisierung. Der Aufwand der Metadaten-Generierung wird entscheidend von der Größe (und damit der Anzahl) der im Einzelnen auszuzeichnenden Objekte wie der Anzahl der Metadaten-Kategorien je Objekt beeinflusst. Die hier erforderliche Abwä-

gung zwischen Aufwand und Nutzen bei Suchoperationen sollte auch den allgemeinen Gebrauchswert wie die zu erwartende Lebensdauer von Objekten berücksichtigen. Bezüglich der zu verwendenden Metadaten für digitale Objekte im Bildungssektor kann LOM als Standard angesehen werden. Allerdings erscheint die Verwendung von rund 50 LOM-Datenelementen aufgrund des Umfanges wenig praktikabel, während die vier Ergänzungselemente des Dublin Core Education-Modells nur eine sehr grobe Klassifizierung ermöglichen. Als Kompromiss könnten die in SCORM definierten 9 bzw. 16 obligatorischen LOM-Elemente verwendet werden.

Konkrete Zahlen zur Metadaten-Nutzung im Internet aus dem Jahr 1999 untermauern die dargestellten Schwierigkeiten. Immerhin enthielten 34,2 Prozent der untersuchten Seiten beschreibende Metadaten, wobei die Art der Auszeichnung sehr unterschiedlich gehandhabt wurde. So wurden 132 unterschiedliche Metadaten-Kategorien gefunden, auf der Ebene der Beschreibung innerhalb dieser Kategorien dürfte die Vielfalt noch erheblich größer sein. Die Verwendung des eigentlich bekanntesten Standards Dublin Core zur Beschreibung allgemeiner Seiten mit 15 Metadaten-Kategorien konnte nur auf 0,3 Prozent der untersuchten Seiten ausgemacht werden (LAWRENCE / GILES 1999, S. 108).

Universell und international angelegte Standards wie LOM blenden dem Prinzip *One size fits all* folgend regional- wie domänenspezifische Anforderungen aus. Die im LOM-Standard verankerten Vokabulare sind hinsichtlich der Funktion und Bedeutung der einzelnen Nennungen nicht eindeutig. Brauchbare Ergebnisse sind bei einer manuellen Verschlagwortung jedoch nur zu erwarten, wenn sämtliche Begriffe eindeutig definiert sind und die einzusetzenden Werkzeuge diese Definitionen auch zugänglich machen. Zur effizienten Anwendung von LOM sind daher weitere Operationalisierungen wie ggf. auch fach- und bildungsdomänenspezifische Erweiterungen notwendig und in LOM explizit vorgesehen. Für den Bereich der beruflichen Bildung in Deutschland wären Kategorien wie z. B. Berufsfeld, Ausbildungsberuf oder auch didaktische Bezugspunkte wie Lernfelder oder Geschäfts- und Arbeitsprozesse gegebenenfalls zu berücksichtigen.

Eine im Zusammenhang mit Metadaten zu stellende grundsätzliche Frage ist, ob die mittels Metadaten explizierten und damit IKT-basiert suchbaren Informationen einem Anwender in der spezifischen Situation eines Informationsbedarfes helfen, geeignete

Informations-Objekte auszuwählen. In dieser Perspektive ist beispielsweise eine Information zum Autor eines Dokumentes wenig hilfreich, da ja vorrangig Informationen zu einem Thema und nicht zu einem Informations-Objekt benötigt werden. Erst wenn sich eine Auswahl von thematisch relevanten Objekten gefunden hat, können objektbezogene Informationen helfen, die Geeignetesten auszuwählen. Zuvor steht aber ohne Zweifel und losgelöst von irgendwelchen Informations-Objekten ein spezifisches Thema im Mittelpunkt und genau diese Perspektive findet man im Topic Map Standard.

Für diesen ist mit Blick auf die Forschungsfrage F 11 zunächst nochmals festzuhalten, dass er sich im Unterschied zum LOM-Standard hinsichtlich seiner Anwendungsgebiete völlig offen zeigt und sich nicht mit Fragen der domänenspezifischen Ausprägung von Kategorien befasst. Er liefert ein Modell zur Organisation digitaler Objekte, das im Gegensatz zum objektzentrierten LOM-Standard themenzentriert angelegt ist, wobei die Informations-Objekte zu einem Thema in der Regel nicht Bestandteil der Topic Map sind. Auf diese wird innerhalb der Topic Map lediglich verwiesen, so dass Topic Maps ohne Probleme transportiert und damit ausgetauscht werden können. Betrachtet man eine Topic Map, die lediglich aus Topics und Occurrences besteht, so kann diese als eine Sammlung von Verknüpfungen zu unterschiedlichsten Themen betrachtet werden. Betrachtet man hingegen eine Topic Map, die lediglich aus Topics und Assoziationen besteht, so kann diese als thematische Strukturierung eines Themengebietes bzw. als themen- oder domänenspezifische Ontologie ebenso für sich genommen sinnvoll eingesetzt werden. Ihr Potenzial entfalten Topic Maps allerdings erst in der Kombination aus Topics, Assoziationen und Occurrences. Neben diesen drei Kernelementen ist das Scope-Konzept, das über die Möglichkeiten des konkurrierenden OWL-Modells hinaus weist, von essenzieller Bedeutung. Insgesamt stellen Topic Maps auch mit Blick auf die Möglichkeit der Klassifizierung der Kernelemente in unterschiedliche Topic-Typen, Assoziations-Typen usw. wie auch der Realisierung unterschiedlicher Granularitäten, die eine ganze Topic Map zu einem digitalen Informations-Objekt eines übergeordneten Topics werden lässt, ein reichhaltiges Instrumentarium zur Verfügung, um digitale Objekte zu organisieren. Hiermit mögliche hoch differenzierte Organisationsansätze erzeugen allerdings auch gewisse Hürden auf dem Weg zu einer Verbreitung und praktischen Anwendung.

Die individuelle wie kooperative Organisation digitaler Objekte in der Arbeit von Lehrkräften kann durch ein geeignetes Topic Map basiertes Organisationsmodell substanzi-

ell verbessert werden. Wie dargelegt lassen sich digitale Objekte mittels Topic Maps polyhierarchisch ordnen, wobei mittels geeignet zu definierender Sichten bedeutsame Dimensionen zur Anzeige gebracht werden können (vgl. Abschnitt 1.3.1). Auf diese Weise lassen sich dann beispielsweise traditionelle fachsystematische Ordnungen mit eher arbeitsprozessorientierten Ordnungen in synergetischer Weise verschränken. Mittels unterschiedlicher Sichten lassen sich beispielsweise auch spiralcurricular angelegte Ansätze adaptieren, indem z. B. dem Überblick dienende Sichten, vertiefende Sichten und detailbezogene Sichten vorgesehen werden. Es sind auch Sichten denkbar, die spezifischen Kontexten der Arbeit von Lehrkräften gewidmet sind. Schließlich ist die Möglichkeit der Definition unterschiedlicher Sichten insbesondere auch kooperativen Ansätzen zuträglich, da sie ein Nebeneinander unterschiedlicher Ansätze ermöglicht. Idealtypisch sollte eine entsprechend ausgerichtete IKT-Anwendung ein beliebiges logisches Verknüpfen unterschiedlicher Sichten zu Filterungsregeln ermöglichen, wie z. B. *Zeige alles, was den Sichten A und B und gleichzeitig nicht der Sicht C zugeordnet ist*. Derartige Verknüpfungen sollten auch bei Import und Export von Maps berücksichtigt werden können, um z. B. eine spezifische Topic Map für Lernende aus der Arbeitsumgebung der Lehrkraft heraus generieren zu können. Insbesondere kooperativen Ansätzen zuträglich ist auch der Mechanismus der PSI, der ein Zusammenführen unterschiedlicher Teilarbeiten unterstützt, indem ein Katalog von in verbindlicher Weise als Topics reifizierter Themen erzeugt werden kann, auf den alle Teilarbeiten Bezug nehmen.

Eine wichtige Frage ist, wie das Verhältnis von Topic Maps zum LOM-Standard sinnvoll ausgestaltet werden kann. Grundsätzlich sind zunächst folgende zwei Ansätze denkbar. Die erste Variante sieht eine Topic Map als eine spezielle und eher komplexe Art eines Lern-Objektes an und beschreibt dieses nach LOM. So könnte im LOM-Datenelement *5.1 Educational.LearningResourceType* eine Vokabel *Topic Map* ergänzt werden. Die Kategorie *1.7 General.Structure* wäre dann *networked*, *1.8 General.AggregationLevel* müsste dann als *Level 3* oder *Level 4* ausgezeichnet werden. Das LOM-Datenelement *1.5 General.Keyword*, dem IEEE-Standard zufolge zu verstehen als „... keyword or phrase describing the topic of this learning object.“, könnte dann ein alle Topics der Map zusammenfassendes Topic zugewiesen bekommen oder alternativ alle innerhalb der Map zu findenden Topics benennen. Schließlich lässt sich unter *1.6 General.Coverage* eine Art globaler Sichtbarkeits- und Gültigkeitsbereich der Topic Map

angeben. In der zweiten Variante finden sich Lern-Objekte innerhalb einer Topic Map als eine spezielle Klasse von Occurrences wieder, wobei das in *5.1 Educational.LearningResourceType* zu findende Vokabular mögliche Occurrence-Typen kennzeichnet.

Mit Blick auf die genannten zwei Möglichkeiten befindet man sich in der komfortablen Situation, diese auch in Kombination anwenden zu können. So hat man die Möglichkeit, z. B. zunächst eine Topic Map zu entwickeln und diese dann erst im Nachgang mittels des LOM-Standards auszuzeichnen. Ebenso ist es im Nachgang problemlos durchführbar, eine bestehende Topic Map durch weitere Occurrences vom Typ Lern-Objekt zu ergänzen und anzureichern. Unbenommen dieser Möglichkeiten kann bei der Gestaltung eines Topic Map Templates natürlich geprüft werden, ob innerhalb des LOM-Standards vorgenommene Kategorisierungen innerhalb des Templates geeignet berücksichtigt werden können. Neben den Einträgen der Kategorie *5 Educational* gilt dies zumindest noch für die unter Kategorie *7 Relation* zu findende Teil-Ganzes-Assoziation.

4 Empirische Befunde zur didaktischen Organisation digitaler Objekte

4.1 Instrumentarium und Durchführung der Erhebung

Zur Untersuchung der Anwendungsbereiche, Bedarfe und Probleme von Lehrkräften im Kontext der Organisation digitaler Objekte bietet sich unter den gegebenen Voraussetzungen die Durchführung einer Befragung an. Diese sollte mit vertretbarem Aufwand im Rahmen einer größeren Stichprobe durchführbar sein, um auch valide Aussagen z. B. zu domänenspezifisch vorherrschenden Präferenzen zur Ausgestaltung kooperativer Prozesse zu erhalten. Es bietet sich daher die Durchführung einer schriftlichen Befragung an, die auch hinsichtlich gewisser Fragekomplexe, wie z. B. zu gegebenen Problembereichen in der Organisation digitaler Objekte, den Vorteil einer möglichen anonymen Durchführung bietet. Eine hinsichtlich einer effizienten Auswertbarkeit der Befragungsergebnisse anzustrebende geschlossene Konzeption der Fragestellungen ist mit Blick auf den angestrebten Erkenntnisgewinn vertretbar. Allerdings sollen die weitgehend vorgeprägten Nominalskalen in bestimmten Fragekontexten von den Befragten durch weitere Kategorien ergänzbar sein, um im Vorwege nicht bedachte Aspekte in den Ergebnisraum einzuschließen bzw. auch die Angemessenheit der gewählten Skala zu überprüfen. Eine Fortführung der bereits im Vorfeld dieser Arbeit zur Ableitung von Hypothesen durchgeführten Beobachtungen wie insbesondere auch Befragungen, beispielsweise mittels vertiefter qualitativ angelegter mündlicher Befragungen in der Art semistrukturierter Interviews, ist nur insoweit vorgesehen, als im Zuge der schriftlichen Befragung wie auch der weiter unten beschriebenen Analyse von IKT-Systemen Fragen offen bleiben bzw. sich Aspekte ergeben, die im Sinne der Zielsetzung dieser Arbeit einer weiteren Klärung bedürfen.

Der bereits benannte zweite Ansatzpunkt ist durch die Analyse von beruflich genutzten IKT-Systemen von Lehrkräften gegeben. Kann diese wie geschildert auf der einen Seite wichtige Beiträge zur Beantwortung der Fragestellungen liefern, so ist deren praktische Umsetzung auf der anderen Seite mit gewissen Problematiken behaftet, die bei der Ausgestaltung des Instrumentariums, der Durchführung der Analyse wie der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind. Grundsätzlich kann die Analyse intellektuell und ggf. unter Beisein der betroffenen Lehrkraft durchgeführt oder auf ein Analyse-

programm übertragen werden. Das erste Verfahren ist geeignet, eher qualitative Aspekte zu Tage zu fördern, während das zweite Verfahren eher interpretationsbedürftige Quantitäten ermittelt. Dabei ist zu bedenken, dass die Analyse beruflich genutzter *privater* IKT-Systeme einen ggf. erheblichen Einblick in die Privatsphäre der betroffenen Personen darstellt und auch datenschutzrechtlich zumindest nicht unproblematisch ist. Mit Blick auf den bereits beschriebenen Ansatz, die Ergebnisse der schriftlichen Befragung durch quantitative Analysen der IKT-Systeme zu ergänzen und zu untermauern, bietet sich hier der Einsatz eines Analyseprogramms an. Dieses kann zudem anonym eingesetzt werden und ist so der Aussicht auf eine nennenswerte Anzahl an Probanden wohl durchaus zuträglich.

Im Sinne der Fragestellungen und Zielsetzungen dieser Arbeit wichtige Indikatoren, die im Rahmen einer Analyse von IKT-Systemen erfasst werden sollen, sind zumindest die Quantitäten von Dateien (bzw. digitalen Objekten) insgesamt und nach Typen differenziert, die Quantitäten von Ordnern insgesamt und nach Hierarchieebenen differenziert sowie deren Bevölkerung mit Dateien. Zudem sind auch die Längen der Namen von Dateien und Ordnern durchaus von Interesse, da diese vielfach auch dazu genutzt werden, Metainformationen zu explizieren. Darüber hinaus wäre die Verfügbarkeit eines Abbildes des Strukturbaumes des jeweiligen Ordnersystems inklusive der Ordnernamen hinsichtlich durchzuführender Interpretationen sehr hilfreich, mit Blick auf Privatsphäre und Datenschutz gemessen an den erstgenannten rein quantitativen Indikatoren jedoch eher problematisch. Das Potenzial möglicher Fehlinterpretationen ist durchaus erheblich, lässt sich jedoch durch ein sorgfältiges Vorgehen wie auch in der angestrebten Verknüpfung der hier erhobenen Daten mit denen der schriftlichen Befragung durchaus kontrollieren. So lässt sich beispielsweise aufgrund der ermittelten Quantitäten eines Dateityps nicht unterscheiden, ob es sich hier um selbst- oder fremd erstellte Objekte oder auch privat- oder beruflich genutzte Objekte handelt. Lädt man sich beispielsweise das im Internet frei verfügbare HTML-Kompendium SELFHTML auf das lokale IKT-System, um die entsprechenden Informationen unabhängig von der Verfügbarkeit einer Netzverbindung präsent zu haben, so erhöht sich die Zahl der lokal gespeicherten HTML-Dateien schnell um mehr als eintausend Stück (vgl. MÜNZER 2004). Auch bringen manche Programminstallationen eine Flut von Dokumentationen, Anleitungen und Beispielen mit sich, die sich nicht ohne weiteres von selbst erstellten oder im Zuge der Arbeit benötigten und von den Lehrkräften selbst zu organisierenden Objekten unter-

scheiden lassen. Diesen Effekten soll dadurch begegnet werden, dass typische System-Installationen einschließlich gebräuchlicher Anwendungsprogramme analysiert - und als Vergleichswert in die Betrachtungen einbezogen werden.

Entsprechend obiger Ausführungen wurde eine Erhebung durchgeführt, die sich zweier Instrumentarien bediente. Zum einen wurde mittels eines webgestützten Fragebogens eine schriftliche Befragung von Lehrkräften an beruflichen Schulen durchgeführt. Zum anderen wurden von Lehrkräften beruflich genutzte Computersysteme hinsichtlich der vorzufindenden Dateien und ordnerbasierten Organisationsansätze analysiert. Hierzu wurde eigens ein Programm mit Namen *DirStat*³⁰ entwickelt, das entsprechende Indikatoren erfasst und in einer Datei speichert (vgl. Abb. 33). Zur effizienten Durchführung der Erhebung wurden das Analyseprogramm *DirStat* und das Befragungsformular in eine gemeinsame Webpräsenz integriert, die zudem begleitende Informationen zu Zielsetzungen und zur Durchführung der Erhebung sowie Hinweise zu datenschutzrechtlichen Aspekten enthielt. Das Analyseprogramm ließ sich per Mausklick aus der Webpräsenz heraus auf den zu analysierenden Rechner laden. Zudem wurde ein Mechanismus implementiert, um die Ergebnisdateien des Analyseprogramms unter Wahrung der Anonymität zu übermitteln.

³⁰ Die eingesetzte Version des Programms DIRSTAT beschränkt sich auf die Analyse von WINDOWS-Systemen, da Linux-basierte Systeme für Desktop-Rechner und Notebooks derzeit noch eine sehr geringe Verbreitung haben und damit eine vernachlässigbare Größe darstellen.

The screenshot shows the DirStat application window with the following components:

- Header:** DirStat - Ordner- und Dateistatistik
- Navigation:** Aktueller Pfad: d:\daten\000-Schule\WRB_Kommunikationselektronik\ACDSee32\Shortcuts*.*, Aktuelle Datei: ACDSee32.lnk, Untersuchte Verzeichn.: 459, Untersuchte Dateien: 5385.
- Verzeichnis-Explorer:** Hier aktuelles Verzeichnis markieren. Tree view showing folders like 000 Verwaltung, 001 Projekte, 005 Unterhaltsam, 050 Unterrichtsprojekte, etc.
- Statistik der Dateitypen (aktuelles Verzeichnis mit allen Unterverzeichnissen):**

Name	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum	Streuung	Mittelwert	Minimum
.doc	1162,00	27,24	3	163	16,72	127.881,51	53
.png	528,00	20,49	6	85	7,65	125.835,76	3.514
.pcx	375,00	9,09	1	42	7,18	336.740,38	3.678
.PAS	282,00	6,77	2	18	2,10	3.509,12	0
.pdf	271,00	21,07	5	167	17,33	93.005,85	6.532
- Statistik der Dateien und Verzeichnisse (incl. Unterverzeichnisse):**

	Absolut	Mittelwert	Minimum	Maximum	Streuung
Verzeich.	459				
Dateien	5385				
Dateigröße		167.574,32	0	128.147.562	2.252.303,38
Dateinamenl.		16,68	1	167	13,95
Verz.namenl.		14,91	1	69	11,45
Dateien/Verz.		11,71	0	316	24,26
Verz./Verz.		3,33	1	44	4,75
- Statistik der Dateitypen (aktuelles Verzeichnis):**

Name	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum	Streuung	Mittelwert	Minimum
.doc	18,00	38,17	25	58	11,93	104.507,89	54
- Statistik der Dateien und Verzeichnisse (aktuelles Verzeichnis):**

	Absolut	Mittelwert	Minimum	Maximum	Streuung
Verzeich.	44				
Dateien	0				
Dateigröße	-	-	-	-	-
Dateinamenl.	-	-	-	-	-
Verz.namenl.		20,84	6	48	9,21
Dateien/Verz.		0,00	0	0	0,00
Verz./Verz.		44,00	44	44	0,00

Abb. 33: Oberfläche des Analyse-Programms DirStat

Die im Weiteren dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf eine Anfallstichprobe von insgesamt 423 befragten Probanden für den Teil der schriftlichen Befragung. Dies sind 5,9 Prozent der abgeschätzten Zahl der IKT-affin eingesetzten Lehrkräfte. Praktisch wurde die Erhebung in mehreren Schritten durchgeführt. Ein Teil der Daten wurde durch Ergänzungsfragen gewonnen, die im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des BLK-Modellversuchs *Nebal* in den Jahren 2002 bis 2004 erhoben wurden. Zielsetzung dieses Modellversuchs war die Erprobung netzbasierter Lehr- und Lernformen im Bereich der Fort- und Weiterbildungsangebote im Modellversuch *Nebal* auf Lehrkräfte zugeschnitten, die im Bereich von IKT-Systemen und -Anwendungen wie neuer Medien unterrichten. Dieser Gruppe von 231 befragten Lehrkräften kann zunächst eine eher progressive IKT-Nutzung in ihrer täglichen Arbeit unterstellt werden. Ein weiterer Anteil von 63 Probanden entstammt dem Kreis von Lehramtsstudierenden der Universität Flensburg und hier im Besonderen des Berufsbildungsinstitutes Arbeit und Technik (biat), wo im Rahmen des dort im Jahr 2004 durchgeführten Projektes *Notebook-University* erhoben wurde. Hierbei handelt es sich um ein vom BMBF gefördertes

Projekt, das auf die Erprobung und Evaluation von Szenarien des unterstützenden Notebook-Einsatzes in der universitären Lehre abzielt wie insbesondere auch auf die frühzeitige Etablierung von Notebooks als zentrales Werkzeug der AvL abzielt. Weitere Teilnehmer an der Befragung wurden durch Aufrufe in von Lehrkräften genutzten Bildungsportalen im Internet wie nicht zuletzt durch Ausnutzung persönlicher Kontakte gewonnen. Bezogen auf die genannten Gruppen kamen zumindest partiell unterschiedliche Fragekomplexe zur Anwendung, so dass die Größe der Stichprobe diesbezüglich etwas variiert. Hierauf wird bei der Darstellung der Ergebnisse ggf. Bezug genommen. Insgesamt ist zu beachten, dass der Einsatz internet-gestützter Instrumentarien wie auch die Nutzung von Bildungsportalen zur Gewinnung von Teilnehmern mit Blick auf die Stichprobe im Sinne der beabsichtigten Schwerpunktsetzung polarisierend wirkt. Lehrkräfte ohne Internet-Zugang wie ohne Neigung, sich der Informations-Angebote von Bildungsportalen zu bedienen, können auf diese Weise natürlich nicht gewonnen werden.

In Zeiten von massenhaft verbreiteten Computerviren wie von SpyWare - und Dailer-Attacken ist die allgemeine Bereitschaft, fremde Analyseprogramme auf den Rechner zu laden und hier auszuführen, nicht groß, wenn zudem die im Zuge der Analyse und Interpretation gewonnenen Ergebnisse erhebliche und ggf. auch unerwünschte Einblicke in das Nutzungsverhalten ermöglichen. Trotz dieser eher ungünstigen Ausgangslage konnten insgesamt 44 Probanden für eine Anwendung des Analyseprogramms *DirStat* gewonnen werden.

4.2 Zusammensetzung der Anfallstichprobe

Um im Nachgang Aussagen zur Zusammensetzung der Anfallstichprobe treffen zu können, wurden entsprechende Merkmale erhoben, die eine Einordnung der Stichprobe im Rahmen der Grundgesamtheit erlauben. Wirft man zunächst einen Blick auf die Altersstruktur der befragten Lehrkräfte, so zeigt sich, dass Lehrkräfte mit Dienstzeiten, die das gesamte Spektrum vom Novizen bis hin zu Lehrkräften mit mehr als 20 Dienstjahren umfassen, an der Befragung beteiligt waren (vgl. Abb. 34).

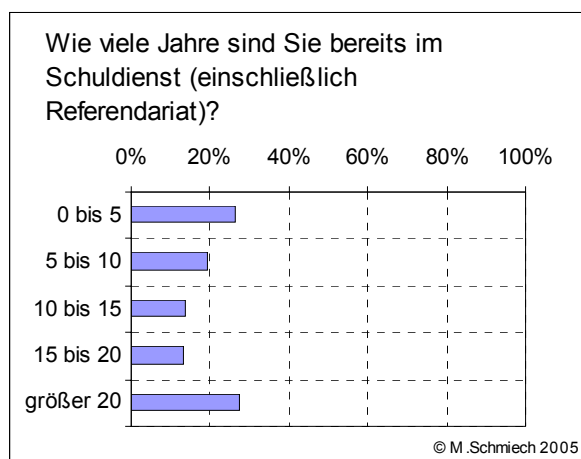


Abb. 34: Befragungs-Teilnehmer nach Jahren im Schuldienst

Zudem ist zu erkennen, dass Lehrkräfte mit Dienstzeiten unter 5 Jahren einen Anteil von über 25 Prozent haben. Hier spiegelt sich die Einbeziehung von Lehramtsstudierenden wieder, die dieser Kategorie zugeschlagen wurden. Die ebenfalls mit fast 30 Prozent stark vertretene letzte Kategorie nimmt eine Sonderstellung ein, da hier mit einer Dienstzeit von über 20 Jahren bis hin zu der eher theoretischen Obergrenze von vielleicht 40 Dienstjahren ein größeres Intervall gewählt wurde.

Die Frage nach den Schulformen der Probanden ließ eine Mehrfachauswahl im Bereich von vier gegebenen Kategorien zu, die die in beruflichen Schulen vorzufindenden vielfältigen Schulformen in hier geeigneter Weise bündeln (vgl. Abb. 35). Die Kategorie *Duale Berufsausbildung* kann als das Herzstück der beruflichen Erstausbildung gesehen werden. Hier vollzieht sich die berufliche Bildung in enger Kooperation mit betrieblichen Dualpartnern und mit deutlichem Bezug zu auch im Zuge der Informatisierung der Arbeitswelt veränderten aktuellen und künftigen Anforderungen an Facharbeit. Die Kategorie *Berufsfachschule, Berufsgrundbildungsjahr, Berufsvorbereitungsjahr usw.* steht in enger Verbindung zur dualen Berufsausbildung. Sie bereitet auf diese vor oder ist mit Blick auf die Anrechnung des Berufsgrundbildungsjahres bzw. der Berufsfachschule auch ein Teil dieser, ist jedoch auch durch einen nicht unerheblichen Teil von Inhalten allgemeiner Schulbildung geprägt. Zudem sind hier auch schulische Berufsausbildungsgänge in der Art der Assistenten-Berufe angesiedelt. Dem gegenüber ist die Kategorie *Fachschule, Technikerschule* i. d. R. einer beruflichen Erstausbildung nachgelagert. Die Kategorie *Berufliches Gymnasium, FG, TG, BOS, FOS* fasst die Tätigkeit von Lehrkräften in einem Bereich zusammen, der primär auf ein anschließendes Studium an Fachhochschulen und Universitäten abzielt und durch einen recht stabi-

len Kanon wissenschaftsorientierter bzw. propädeutischer Inhalte geprägt ist und sich zumindest vergleichsweise weniger an Bedarfen aktueller und künftiger Facharbeit ausrichtet.

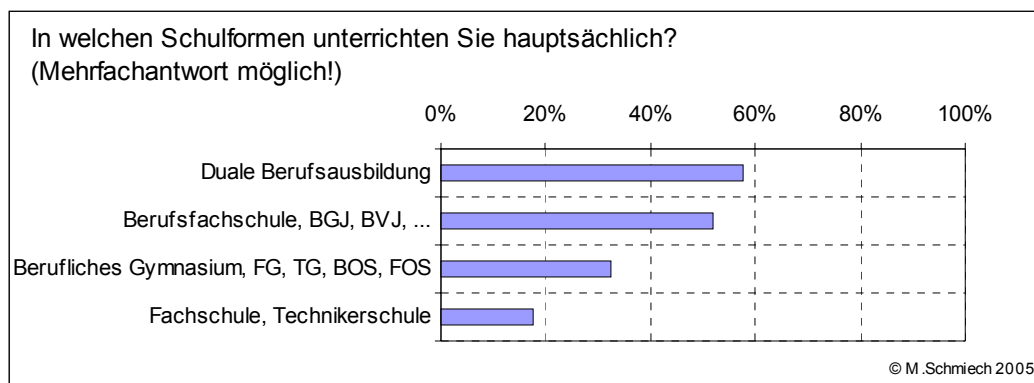


Abb. 35: Befragungs-Teilnehmer nach Schulformen

Die konkreten Zahlen zeigen, dass etwa 60 Prozent der Befragten im Bereich der dualen Berufsausbildung tätig sind, aber auch die Tätigkeit in Berufsfachschule, BGJ usw. einen ähnlich breiten Raum unter den Befragten einnimmt, während die letzten beiden Kategorien deutlich weniger häufig den Schwerpunkt der Lehrertätigkeit bilden (vgl. Abb. 35). Insgesamt gilt für 91 Prozent der Befragten, dass sie wenigstens in einem der am stärksten vertretenen beiden Kategorien im Schwerpunkt unterrichten.

Ein Vergleich der Stichprobe mit der Grundgesamtheit zeigt Abb. 36. Hier wurden die in Abb. 35 dargestellten Ergebnisse unter der vereinfachenden Annahme, dass die gegebenen Mehrfachantworten aus zwei gleich zu gewichtenden Antworten bestanden, auf 100 Prozent normiert. Dem wurde die Verteilung der Unterrichtsstunden auf die unterschiedlichen beruflichen Schulformen gegenübergestellt, die sich aus KMK-Daten zu Schulanfängern für das Jahr 2002 ergibt (vgl. BEHÖRDE FÜR BILDUNG UND SPORT HAMBURG 2002). Zu erkennen ist, dass die zugrunde gelegte Stichprobe die Häufigkeit der Schulformen in geeigneter Weise abbildet.

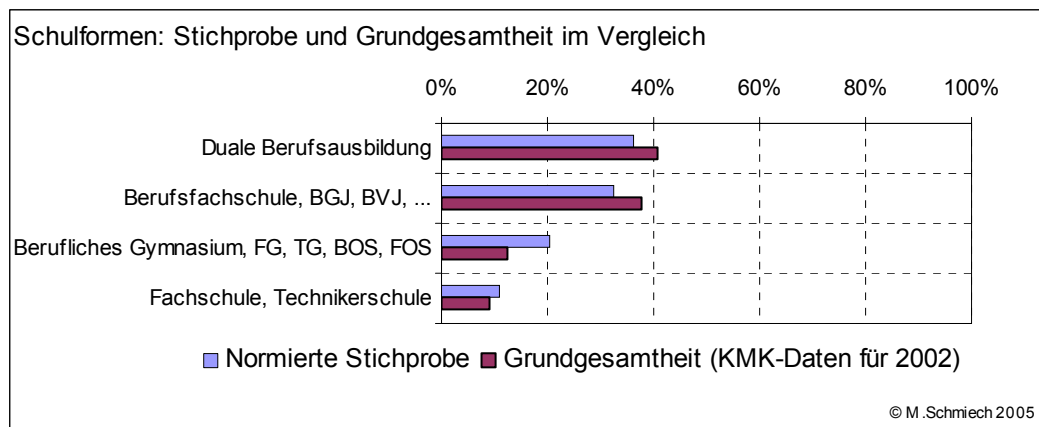


Abb. 36: Schulformen im Vergleich zur Grundgesamtheit

Die Verteilung der beruflichen Fachrichtungen der Lehrkräfte der Stichprobe zeigt Abb. 37, in der zudem die Verteilung der beruflichen Fachrichtungen innerhalb der Grundgesamtheit angegeben ist. Zur Ermittlung letzterer wurde ein Näherungsansatz gewählt, der die unmittelbar verfügbaren Erhebungsdaten des BIBB zu neu abgeschlossenen Ausbildungsverträgen zugrunde legt und die sich hieraus ergebende Verteilung im Bereich der dualen Berufsausbildung auch auf die anderen beruflichen Schulformen überträgt. Zu beachten ist hier, dass in der vom BIBB verwendeten Systematik 13 Berufsgruppen für den Bereich der dualen Berufsausbildung unterschieden werden. Diese Berufsgruppen erfassen aber beispielsweise nicht die schulischen Assistentenberufe und sind auch nicht unmittelbar mit den aus der Lehrerbildung bekannten beruflichen Fachrichtungen zur Deckung zu bringen.

So unterscheidet die vom BIBB verwendete Systematik die Berufsgruppen *Elektriker* und *Technische Berufe*. Zur Letzteren gehören insbesondere die IT- und Medienberufe (vgl. BIBB 2004b), die im Ausbildungsjahr 2002/2003 allein 20689 von 21314 neuen Ausbildungsverträgen in dieser Berufsgruppe stellten (vgl. BIBB 2003, BIBB 2004). Zur Herstellung einer besseren Vergleichbarkeit wurden daher diese beiden Berufsgruppen zusammengefasst und einer Kategorie *Elektrotechnik, Informations- und Telekommunikationstechnik, Druck und Medien* gegenüber gestellt. Die weiteren zahlenmäßig starken beruflichen Fachrichtungen konnten unmittelbar zugeordnet werden, weniger stark vertretene oder schwer zuzuordnende Bereiche wurden unschädlich in der Kategorie *andere* zusammengefasst (vgl. Abb. 37).

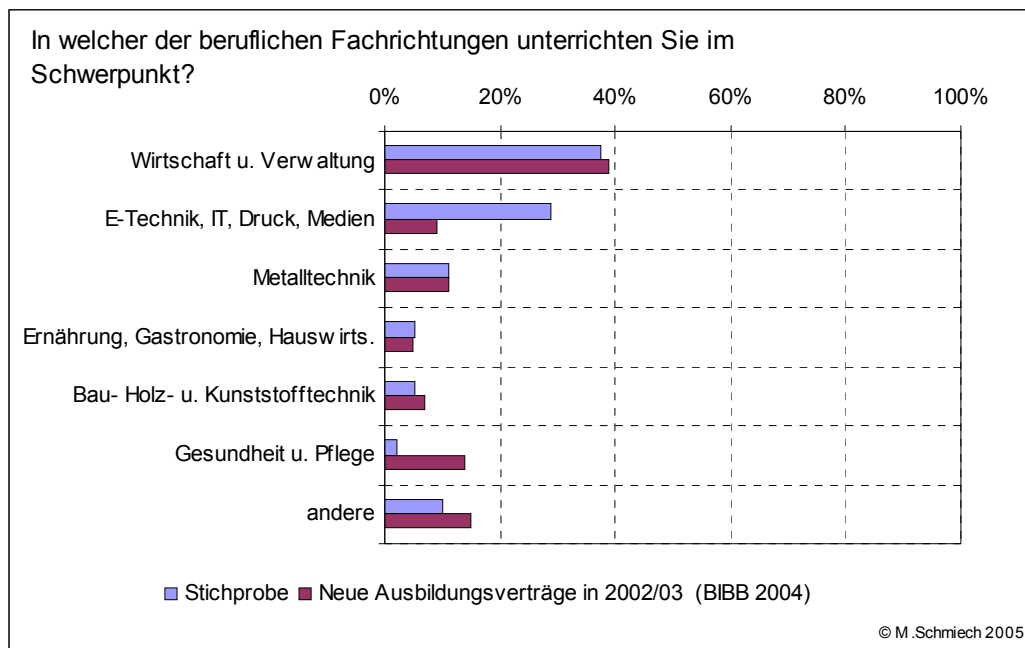


Abb. 37: Beruflichen Fachrichtungen im Vergleich zur Grundgesamtheit

Ein Vergleich der Stichprobe mit den eben beschriebenen Daten zur Grundgesamtheit zeigt im Überblick eine recht gute Übereinstimmung der beiden Verteilungen. Im Detail zeigt insbesondere der Bereich *E-Technik, IT, Druck, Medien* gemäß der auch angestrebten Schwerpunktsetzung im Bereich mutmaßlich progressiver Computer-Nutzung eine deutliche Überrepräsentation innerhalb der Stichprobe. Der Bereich Gesundheit und Pflege, dessen Ausbildung sich vielfach außerhalb beruflicher Schulen vollzieht, ist in der Befragung erwartungsgemäß unterrepräsentiert.

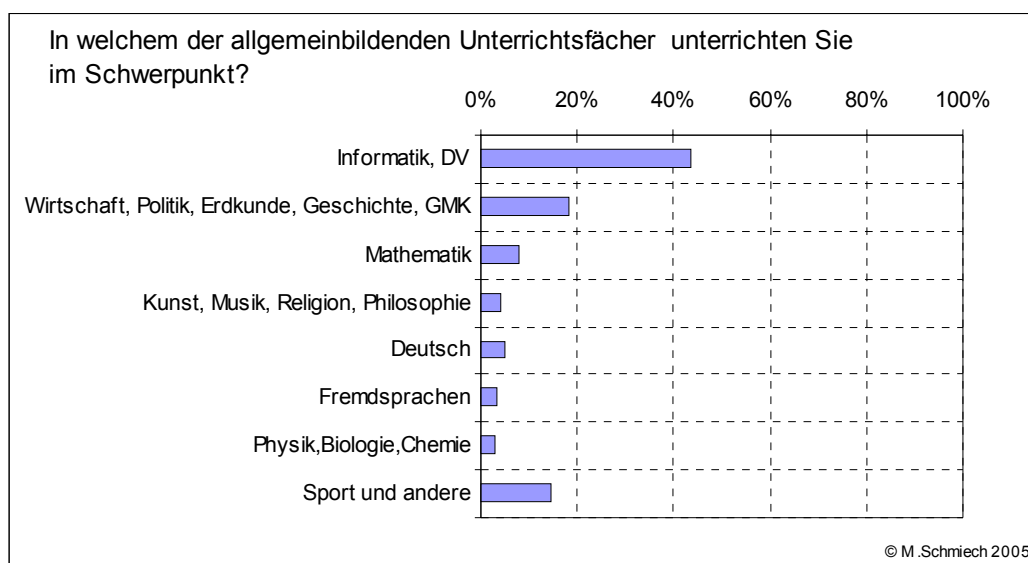


Abb. 38: Befragungs-Teilnehmer nach Zweitfächern bzw. allgemeinbildenden Unterrichtsfächern

Ein abschließender Blick auf die Zweitfächer bzw. allgemein bildenden Unterrichtsfächer der Lehrkräfte zeigt, dass Lehrkräfte mit einem Unterrichtsschwerpunkt im Fach Informatik bzw. Datenverarbeitung innerhalb der Anfallstichprobe deutlich hervortreten (vgl. Abb. 38). Die quantitative Dominanz von Lehrkräften mit dem Unterrichtsschwerpunkt Informatik / Datenverarbeitung ist insbesondere auch vor dem Hintergrund bemerkenswert, dass Informatik / Datenverarbeitung in Stundentafeln der meisten vollzeitschulischen beruflichen Bildungsgängen mit deutlich weniger Stunden geführt wird, als z. B. die klassischen Hauptfächer wie Deutsch oder Mathematik.

Im Rahmen der Befragung wurde auch die beruflich veranlasste wöchentliche Nutzungsdauer von Computern erfasst (vgl. Abb. 39). Hier zeigt sich, dass etwa zwei Drittel der befragten Lehrkräfte eine beruflich veranlasste wöchentliche Nutzungsdauer von mehr als 10 Stunden angeben, was bezogen auf eine Arbeitswoche mit 5 Tagen durchschnittlich wenigstens zwei Stunden Nutzungsdauer am Tag bedeutet. Zu beachten ist allerdings, dass hierbei nicht nach Nutzung innerhalb oder außerhalb des Unterrichtes differenziert wurde.

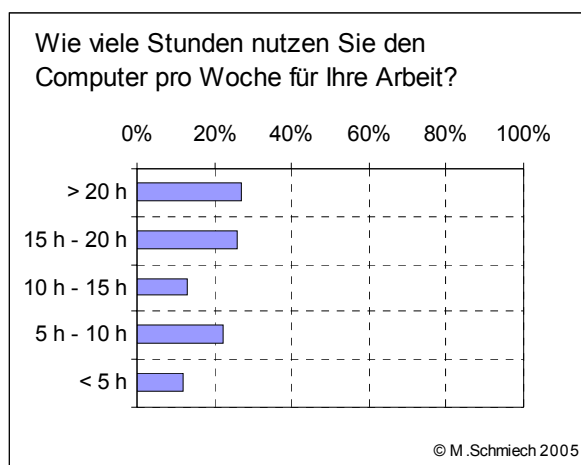


Abb. 39: Berufliche Nutzungsdauer von Computern

Mit Hilfe der erfassten wöchentlichen Nutzungsdauer lässt sich auch der Frage nachgehen, ob mit der überproportionalen Berücksichtigung von Lehrkräften aus dem Bereich Elektrotechnik und Informatik auch eine überproportionale Berücksichtigung von Lehrkräften mit einer eher progressiven Computernutzung einhergeht. Hierzu wurde die Ausprägung der Nutzungsdauer in die zwei Merkmalsgruppen *>10 Stunden* und *<10 Stunden* zusammengefasst und nach beruflichen Fachrichtungen der befragten Lehrkräfte differenziert dargestellt (siehe Abb. 40).

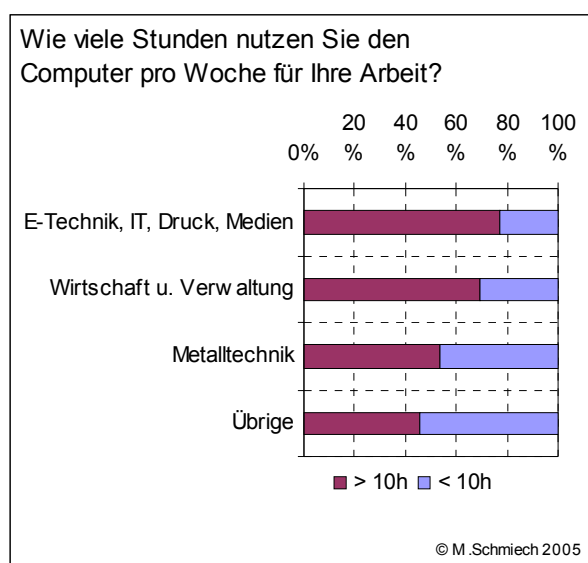


Abb. 40: Berufliche Nutzungsdauer von Computern nach beruflichen Fachrichtungen

Der augenscheinliche Zusammenhang lässt sich auch statistisch beschreiben. Hierzu wird zunächst folgende statistische Nullhypothese aufgestellt: *Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Berufsfeldzuordnung einer Lehrkraft und deren wöchentliche beruflich veranlasste Nutzungsdauer des Computers.* Mit Hilfe der in Abb. 40 hinterlegten Kontingenztabelle³¹ ($n=412$, $df=3$) lässt sich die Statistik $\chi^2 = 27,82$ errechnen. Prüft man die Nullhypothese auf dem Signifikanzniveau $\alpha=0,001$, so erhält man mit 3 Freiheitsgraden einen Vergleichswert von $\chi^2_{\text{Krit}} = 16,27$ (entnommen aus BACKHAUS u. a. 2000, S. 657). Da $\chi^2 = 27,82$ über $\chi^2_{\text{Krit}} = 16,27$ liegt, ist die Nullhypothese mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,9 Prozent zu verwerfen³². Auf einen Zusammenhang lässt auch ein Wert von 0,26 für Cramers V schließen (vgl. WIRTZ / CASPAR 2002, S. 55, BORTZ 1999, S. 225). Differenziert man die Nutzungsdauer in gleicher Weise nach Zweitfächern, so zeigt sich auch hier, dass die innerhalb der Stichprobe gegenüber der Grundgesamtheit deutlich überrepräsentierten Lehrkräfte mit Unterrichtsschwerpunkt Informatik / Datenverarbeitung mit einem Anteil von 78,95 Prozent eine Nutzungsdauer von über 10 Stunden angeben. Insgesamt ist es also in angestrebter Weise gelungen, innerhalb der Stichprobe eine gegenüber der Grundgesamtheit überproportio-

³¹ Die Voraussetzungen dieses Tests sind erfüllt: Keine Häufigkeit darf kleiner 1 sein, maximal 20% der Häufigkeiten dürfen kleiner als 5 sein. Die Stichprobe liegt deutlich über $n=60$ (vgl. BACKHAUS 2000, S. 248).

³² Die Statistik-Funktion CHIVERT des Tabellenkalkulationsprogramms EXCEL liefert eine Wahrscheinlichkeit von $\alpha=3,95 \cdot 10^{-6}$, mit der der Wert $\chi^2 = 27,82$ bei einer unterstellten Unabhängigkeit erreicht wird.

nale Zahl von Lehrkräften mit relativ progressiver Computernutzung zu versammeln, wobei der damit einher gehende Verlust an Repräsentativität im Lichte der verfolgten Zielsetzungen als nachrangig einzustufen ist. Mit der Nutzungsdauer ist ein Parameter verfügbar, der im Weiteren auch verwendet werden kann, um mit einem fortschreitenden Computereinsatz verbundene Entwicklungen aufzuzeigen.

Betrachtet man abschließend die Selbsteinschätzung der Befragten zur *Computerkompetenz* (siehe Abb. 41), so attestieren sich ca. 50 Prozent der Befragten eine *durchschnittliche* Ausprägung. Etwas über 40 Prozent attestieren sich eine hohe Computerkompetenz. Weniger als 5 Prozent der Befragten schätzen ihre Computerkompetenz als niedrig ein, die Ausprägung *keine* wurde nicht gewählt.

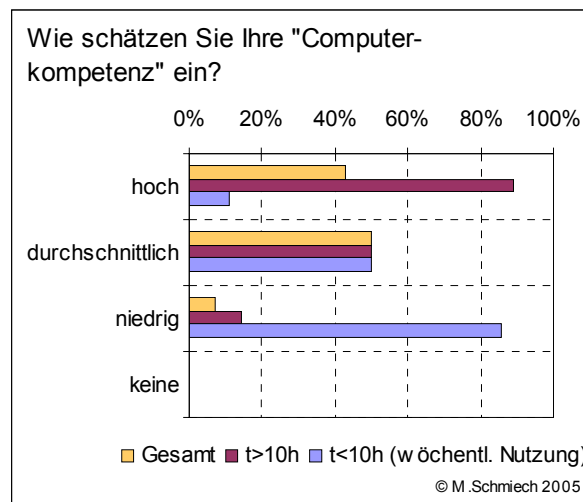


Abb. 41: Selbsteinschätzung zur Computerkompetenz

Betrachtet man zudem die nach wöchentlicher beruflicher Nutzungsdauer der Befragten differenzierten Ergebnisse, so ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen der wöchentlichen Nutzungsdauer und der selbst attestierten Computerkompetenz zu erkennen. In der entsprechenden Kontingenztafel ($df=2$, $n=398$) lässt sich ein Statistik-Wert von $\chi^2=92,59$ errechnen, die Wahrscheinlichkeit einer statistischen Unabhängigkeit liegt bei $\alpha=7,82 \cdot 10^{-21}$ (Wert laut Excel-Funktion CHIVERT). Cramers V liefert mit $V=0,50$ einen Wert, der auf einen deutlichen Zusammenhang schließen lässt.

Zusammenfassend lässt sich mit Blick auf die Stichprobe feststellen, dass diese hinsichtlich der Schulformen und unter Vernachlässigung des deutlich überrepräsentierten Bereichs Elektrotechnik / Informatik auch hinsichtlich der beruflichen Fachrichtungen ein nicht unbedeutendes Maß an Repräsentativität bezüglich der Grundgesamtheit der

Lehrkräfte an beruflichen Schulen aufweist. Hinsichtlich der Einstellung der Befragten zum Computer und zu dessen beruflicher Nutzung ist aufgrund der Art der Befragung wie der Gewinnung von Probanden davon auszugehen, dass Lehrkräfte mit einer affirmativen Einstellung zu Computern und einer eher progressiven Computernutzung deutlich überrepräsentiert sind. Insbesondere der hohe Anteil der Lehrkräfte, die Informatik / EDV als im Schwerpunkt unterrichtetes allgemein bildendes Zweifach angeben, bestätigt dies deutlich, zumal viele dieser Lehrkräfte das Unterrichtsfach Informatik historisch bedingt nicht studiert haben dürften.

4.3 Mengenzunahme und Digitalisierung berufsrelevanter Informationen

Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit ist die Hypothese einer fortschreitenden Informatisierung der Arbeit von Lehrkräften, für die sich, wie einleitend aufgezeigt, zahlreiche Indikatoren finden lassen. Weitere Indikatoren sind mit der nachfolgend dargestellten Einschätzung der Lehrkräfte bezüglich einer solchen Entwicklung gegeben. Ein bedeutender Bezugspunkt dieser Arbeit und zentrales Merkmal der Informatisierung der Arbeit von Lehrkräften ist eine Zunahme der zur Ausübung dieser notwendigen und damit zu organisierenden und zu verarbeitenden Informationen. Hier liefert die Befragung ein einschlägiges Meinungsbild (siehe Abb. 42).

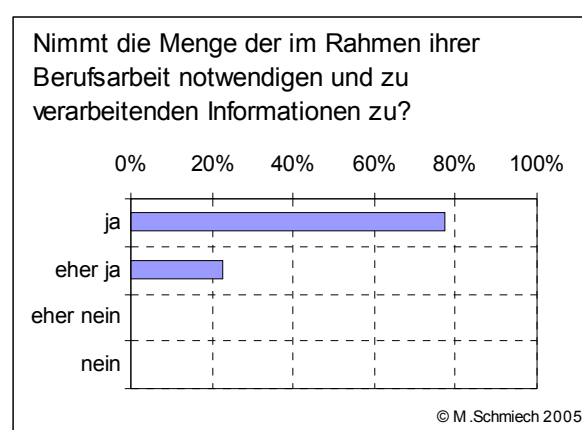


Abb. 42: Mengenwachstum berufsrelevanter Informationen

Fast 80 Prozent der Befragten bejahen uneingeschränkt, dass die Menge der notwendigen und zu verarbeitenden Informationen zunimmt. Die verbleibenden Befragten bejahen dies immerhin eingeschränkt (siehe Abb. 42). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Frage, ob der Anteil der in der Arbeit verwendeten digital gespeicherten Informationen

zunimmt. Auch diese Frage wird einhellig bejaht, wobei hier eine uneingeschränkte Zustimmung von 85 Prozent zu verzeichnen ist (siehe Abb. 43).

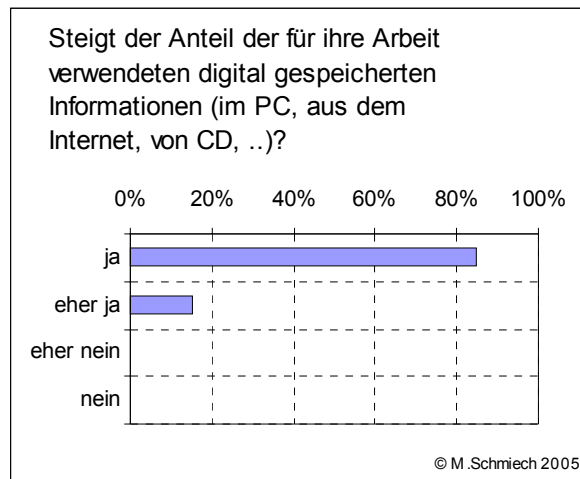


Abb. 43: Steigender Anteil digital gespeicherter Informationen

Die Einschätzung der befragten Lehrkräfte zum (aktuellen) Anteil digital gespeicherter Informationen an den insgesamt im Rahmen ihrer Berufsarbeit verwendeten Informationen liefert einen Durchschnittswert von etwas mehr als 60 Prozent. Mehr als 90 Prozent der Befragten geben an, dass der Anteil oberhalb von 40 Prozent liegt (siehe Abb. 44). Die nach wöchentlicher Nutzungsdauer differenzierten Datenreihen zeigen, dass auch die Befragten mit den geringeren wöchentlichen Nutzungszeiten einen im Mittel deutlich über 50 Prozent liegenden Anteil an digital gespeicherten Informationen angeben (siehe Abb. 44).

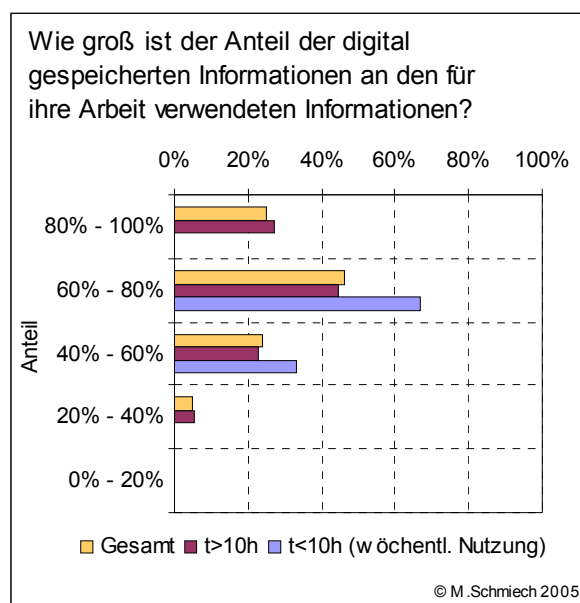


Abb. 44: Anteil digital gespeicherter Informationen

Insgesamt überrascht die Einhelligkeit in der Einschätzung der Entwicklung wie auch der in der Befragung hervor getretene hohe Anteil digital gespeicherter Informationen. Neben den einleitend angeführten, der gesamtgesellschaftlichen Entwicklung zuzurechnenden Gründen hierfür sollte jedoch nicht ganz außer Acht gelassen werden, dass es gewissermaßen in der Natur der AvL liegt, mit jedem Arbeitstag selbst neue Informationen zu schaffen.

Hinsichtlich einer abschließenden Beantwortung der diesem Unterkapitel 4.3 zugrunde liegenden Forschungsfrage F 1 ist in Betracht zu ziehen, dass die diesbezüglichen Befragungen nur in einer Teilmenge von $n=80$ der in Unterkapitel 4.2 beschriebenen Stichprobe durchgeführt werden konnten. Dies stellt nicht die Ergebnisse dieses Teils der Erhebung in Frage, gebietet aber einige Vorsicht hinsichtlich deren Übertragung auf die Grundgesamtheit. Eingedenk der Deutlichkeit und Eindeutigkeit der Voten kann mit Blick auf die Forschungsfrage F 1 zusammenfassend dennoch folgende Feststellung getroffen werden: Die Menge der in der Arbeit von Lehrkräften notwendigen und zu verarbeitenden Informationen steigt. Der Anteil der davon in digitaler Form vorliegenden Informationen liegt bei den befragten Lehrkräften durchschnittlich bei über 50 Prozent und steigt weiter an.

4.4 Digitale Objekte in der Arbeit von Lehrkräften

Eine wachsende Menge berufsrelevanter Informationen sowie deren fortschreitende Digitalisierung legen die Hypothese nahe, dass IKT-Systemen in der Arbeit von Lehrkräften kaum noch verzichtbar sind. Sie stellen ein zunehmend notwendiges Werkzeug zur Realisierung des Zugriffs auf benötigte Informationen dar. Und möglicherweise sind IKT-Systeme künftig vermehrt auch ein Werkzeug, das den effektiven Umgang mit einer wachsenden Informationsmenge zu gestalten hilft. Einen deutlichen Hinweis auf die schon heute hohe Bedeutung bzw. den großen Nutzen von IKT-Systemen in der Arbeit von Lehrkräften liefern die in Abb. 45. dargestellten Befragungsergebnisse.

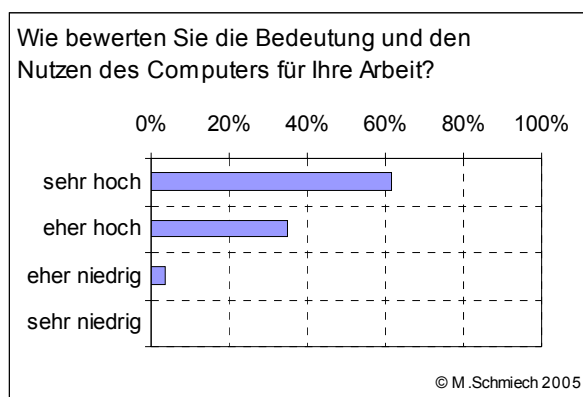


Abb. 45: Computer-Bedeutung für die Arbeit

Über 60 Prozent der Befragten bewerten die Bedeutung und den Nutzen von Computern für ihre Arbeit als *sehr hoch*, weitere fast 40 Prozent als *eher hoch*. Der Anteil der Lehrkräfte, die hier die Merkmalsausprägung *eher niedrig* gewählt haben, liegt unter 4 Prozent. Diese eindeutigen Ergebnisse führen mit Blick auf den wachsenden und bereits heute nicht mehr vernachlässigbaren Anteil digital gespeicherter Informationen wie der ermittelten hohen wöchentlichen Nutzungsdauer von Computern (vgl. Abb. 39) bezogen auf die Forschungsfrage F 2 zu einem kohärenten Bild: IKT-Systeme haben für die Arbeit von Lehrkräften an beruflichen Schulen eine hohe bis sehr hohe Bedeutung. Sie sind in weiten Teilen der Arbeit von Lehrkräften ein zunehmend unverzichtbares Werkzeug.

4.4.1 Nutzungintensitäten verschiedener IKT-Anwendungen

Differenziertere Aussagen dazu, wie sich diese hohe Bedeutung von IKT-Systemen begründet, liefert das Ergebnis der erhobenen Nutzungsarten von IKT-Systemen in der Arbeit von Lehrkräften (siehe Abb. 46). Bei der Bewertung der Ergebnisse ist mit Bedacht vorzugehen. Erfragt wurde die Intensität einer beruflichen Nutzung bestimmter IKT-Anwendungen, wobei als Antworten die Merkmalsausprägungen *nicht*, *vereinzelt* und *regelmäßig* möglich waren. So sagt eine Antwort *Nicht* lediglich aus, dass die betreffende IKT-Anwendung in beruflichen Kontexten nicht eingesetzt wird, während Rückschlüsse auf eine nicht betriebene private Nutzung oder auch auf eine fehlende Nutzungskompetenz spekulativ sind. Auch kann eine *vereinzelt* Nutzung einer Anwendung als Vorstadium einer noch zu etablierenden regelmäßigen Nutzung wie auch als in der Natur der Anwendung begründet interpretiert werden. Diesem Umstand

Rechnung tragend folgt die Ordnung der Darstellung der einzelnen Nutzungsarten in Abb. 46 dem Anteil der Merkmalsausprägung *nicht*.

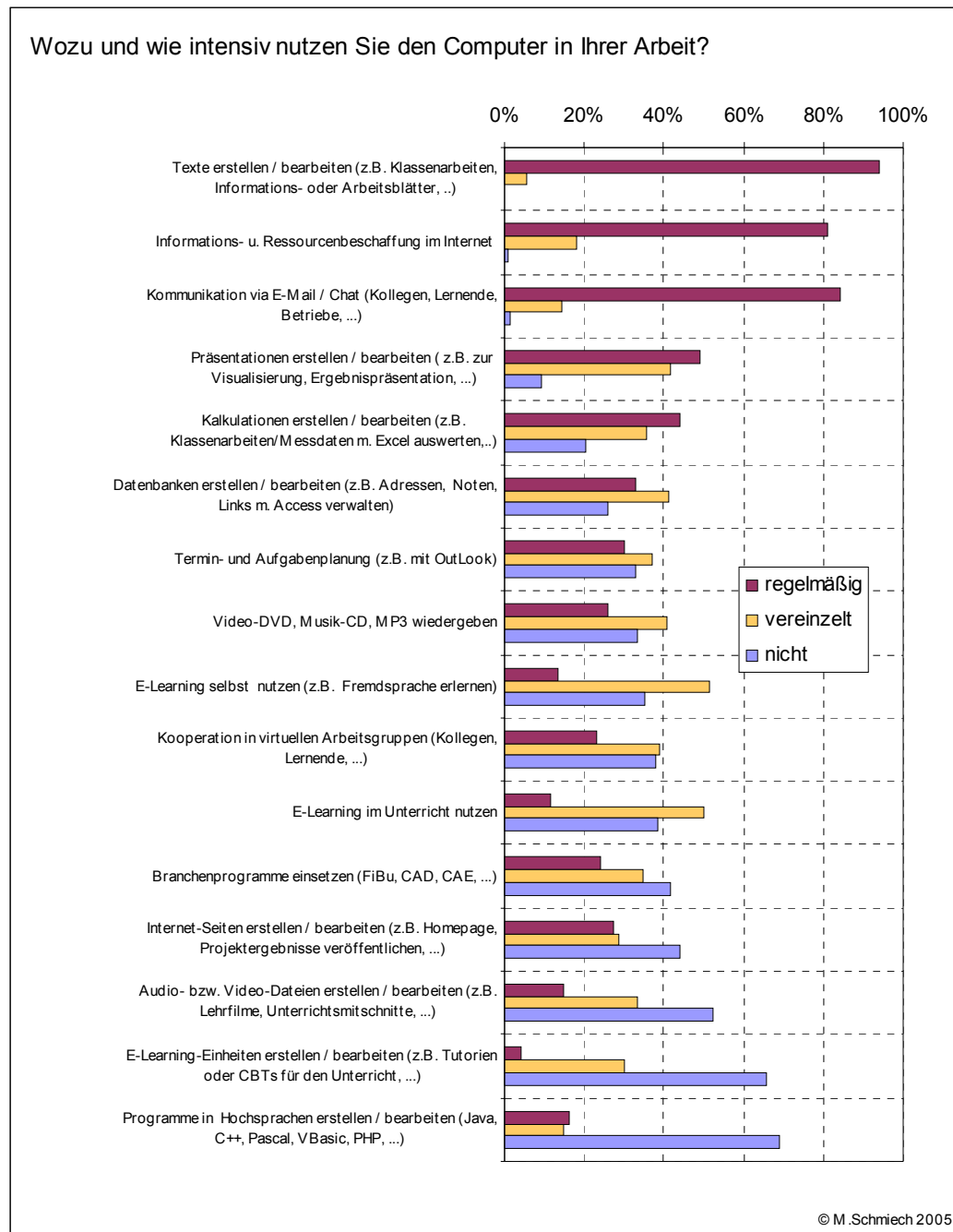


Abb. 46: Arten und Intensitäten der beruflichen Computernutzung

Ein Vergleich der einzelnen IKT-Anwendungen zeigt, dass drei Anwendungen in ihrer Nutzungsintensität gegenüber den Anderen deutlich hervortreten:

- Das Erstellen und Bearbeiten von Texten, wie z. B. Klassenarbeiten oder Informations- und Arbeitsblättern, wird von über 90 Prozent der Lehrkräfte regelmäßig sowie von dem verbleibenden Anteil zumindest gelegentlich betrieben. Dies

schließt in der Regel auch das mit marktüblichen Textverarbeitungssystemen integrativ mögliche Erstellen kleiner Grafiken wie wohl auch das Einbinden von Bildern ein.

- Die Kommunikation via E-Mail / Chat wird von über 80 Prozent der Lehrkräfte regelmäßig, von dem Großteil der Verbleibenden gelegentlich und nur von einigen wenigen Prozent der Befragten nicht betrieben, wobei Chat gegenüber E-Mail erfahrungsgemäß eine deutlich untergeordnete Rolle spielt.
- Die Informations- und Ressourcenbeschaffung im Internet wird von mehr als 80 Prozent der Lehrkräfte regelmäßig, von etwas weniger als 20 Prozent gelegentlich und nur von den verbleibenden 1,2 Prozent gar nicht durchgeführt.

Das Erstellen und Bearbeiten von Präsentationen, z. B. zur Visualisierung oder Ergebnisdarstellung, wird nur von etwa 10 Prozent der Befragten nicht und von den verbleibenden Befragten etwa gleichauf vereinzelt oder regelmäßig durchgeführt. Hier könnte der eingangs angeführte Aspekt einer in der Art der Anwendung begründeten ggf. nur gelegentlichen Nutzung ins Spiel gebracht werden. Ähnliche Verhältnisse bezüglich der Relation von gelegentlicher zu regelmäßiger Nutzung gelten für das Erstellen und Bearbeiten von Kalkulationen wie auch für das Erstellen und Bearbeiten von Datenbanken, wobei dort der Anteil der Nicht-Anwender mit etwas über 20 Prozent bzw. 25 Prozent deutlich höher liegt.

Etwa 30 Prozent der Befragten nutzen regelmäßig Computer zur Termin- und Aufgabenplanung. Mehr als 40 Prozent betreiben diese Art der IKT-Anwendung nur gelegentlich, was eingedenk der Spezifika der Anwendung als Vorstadium einer notwendigen umfassenden Umstellung auf ein IKT-gestütztes Verfahren gedeutet werden kann. Immerhin etwa 30 Prozent nutzen diese Art der IKT-Anwendung gar nicht. Im Gegensatz dazu sind die mit einer ähnlichen Verteilung versehenen Kategorien *Wiedergabe von digitalem Audio- und Videomaterial*, *Kooperation in virtuellen Arbeitsgruppen* wie auch *Einsatz von Branchenprogrammen* Anwendungen, die in ihrer Spezialisierung nicht unbedingt zum regelmäßigen täglichen Arbeitsablauf einer Lehrkraft gehören müssen, jedoch auch in ihrem ggf. gelegentlichen Auftreten eine tragende Funktion übernehmen können.

Der Begriff E-Learning ist in vieler Munde und mit durchaus unterschiedlichen Vorstellungen behaftet, die z. B. auch andere hier angeführte IKT-Anwendungen, wie die

Informationsbeschaffung oder das Arbeiten in netzbasierten Kooperationen, einschließen. Unter Ausblendung dieser Unschärfen ergibt sich für die Eigennutzung von E-Learning durch Lehrkräfte wie für den Einsatz von E-Learning-Szenarien im beruflichen Unterricht ein ähnliches Bild. Fast 40 Prozent der Befragten nehmen keine -, um 50 Prozent eine gelegentliche - und etwa 10 Prozent bis 15 Prozent eine regelmäßige beruflich motivierte Anwendung des E-Learning vor. Fast 30 Prozent der Befragten erstellen gelegentlich selbst E-Learning-Einheiten, während fast 70 Prozent dies nicht tun. Der Anteil der Lehrkräfte, die in diesem Anwendungsfeld regelmäßig aktiv sind, ist verschwindend gering.

Wie eben bei dem selbsttätigen Erstellen von E-Learning-Einheiten festgestellt, ist der Anteil der Nicht-Anwender insbesondere dort groß, wo es im Kern um das Erstellen und weniger um die Nutzung von Anwendungen geht. Das Erstellen und Bearbeiten von Internet-Seiten spielt bei über 40 Prozent der Befragten in deren Berufstätigkeit keine Rolle, während die verbleibenden etwa 60 Prozent dies in etwa gleichauf regelmäßig oder gelegentlich machen. Das Erstellen und Bearbeiten von Audio- bzw. Video-Dateien, z. B. im Rahmen der Gestaltung von E-Learning-Einheiten, wird von über 50 Prozent der Befragten nicht, von etwa 30 Prozent gelegentlich und von etwa 15 Prozent der Probanden regelmäßig durchgeführt. Die beruflich motivierte Programmierung in Hochsprachen wie Java oder C++ wird von fast 70 Prozent der Lehrkräfte nicht durchgeführt. Die verbleibenden Antworten verteilen sich etwa gleich auf eine regelmäßige und eine gelegentliche Durchführung. Mit Blick auf den hohen Anteil von über 40 Prozent der Befragten mit einem Unterrichtsschwerpunkt Informatik / Datenverarbeitung wird deutlich, dass der Unterricht in diesem Bereich vielfach auf die Nutzung und Anwendung und nicht schwerpunktmäßig auf die Erstellung und Gestaltung von IKT-Anwendungen Bezug nimmt.

Vereinzelte Nennungen weiterer Anwendungen betrafen zumeist branchenspezifische Programme. Weitere Nennungen betrafen Spielarten der IKT-basierten Kommunikation wie Instant Messaging, Internet-Telefonie und Fax. In einem Fall wurde das IKT-System als Verwaltungsinstrument für schulische Computernetze angeführt. Die erheblichen Diskrepanzen der in Abb. 4 dargestellten Ergebnisse zur BMBF-Erhebung erklären sich aus der Schulbezogenheit der Ergebnisse der BMBF-Erhebung, wie folgendes Beispiel zu deren Lesart verdeutlicht: *An etwa 40 Prozent der Schulen werden (von*

mindestens einer Lehrkraft!) Programme zur Erstellung multimedialer Anwendungen eingesetzt.

Zusammenfassend kann mit Blick auf die Forschungsfrage F 3 folgende Feststellung getroffen werden: Die drei zentralen Funktionen, in denen IKT-Systeme von rund 90 Prozent der Lehrkräfte an beruflichen Schulen regelmäßig angewendet werden, sind

- die eines Autorensystems zur Gestaltung von Texten, wie z. B. Klassenarbeiten und Informationsblätter,
- die eines (E-Mail)-Kommunikationssystems zum Austausch mit anderen Lehrkräften, Lernenden, Betrieben usw. und schließlich
- die eines Informationssystems zur Informations- und Ressourcenbeschaffung im Internet.

Daneben gibt es zahlreiche weitere Funktionen, in denen IKT-Systeme von wenigstens der Hälfte bis hin zu 90 Prozent der Lehrkräfte regelmäßig oder gelegentlich genutzt werden. Es sind die Funktionen eines Präsentations- und Visualisierungssystems, eines Kalkulationssystems, eines Lernsystems, eines Datenverwaltungssystems (für strukturierte Daten), eines Planungsinstruments für Termine und Aufgaben, eines Kooperationsinstruments für räumlich verteilte Arbeitsgemeinschaften, eines Abspielgerätes für Audio- und Videomaterial, eines Arbeitsmittels mit branchenspezifischen Funktionen und eines Publikationssystems für Web-Seiten. Die Nutzung von IKT-Systemen zur Bearbeitung von Audio- und Videomaterial, zur Erstellung von E-Learning-Einheiten wie auch zur Hochsprachenprogrammierung und Erstellung von IKT-Anwendungen ist auf eine Zahl von unter 50 Prozent der Lehrkräfte beschränkt, deren regelmäßige Nutzung sogar auf einen Anteil unter 20 Prozent.

4.4.2 Quantitäten digitaler Objekte

Mit Blick auf die Organisation digitaler Objekte ist es von Bedeutung, einen Überblick hinsichtlich der Größenordnungen der mit den unterschiedlichen IKT-Anwendungen verbundenen Quantitäten digitaler Objekte zu erhalten. Hierzu können die mittels des Programms *DirStat* im Rahmen der Analyse von Dateisystemen beruflich genutzter Computer von Lehrkräften gewonnenen Ergebnisse herangezogen werden. Wie bereits

ausgeführt, sind bei der Interpretation der Ergebnisse dieser quantitativen Analysen gewisse *Störeffekte* zu berücksichtigen und zu bewerten.

So sind im Zuge privater Handlungen entstandene Objekte nicht von jenen zu unterscheiden, die im Kontext beruflicher Handlungen entstanden sind. Unter den hier in besonderer Weise betrachteten Organisationsaspekten ist dies allerdings weniger dramatisch bzw. stellt nur eine weitere Ordnungsdimension dar, die Lehrkräfte in der Organisation digitaler Objekte zu berücksichtigen haben³³. Hinsichtlich der Frage, welche IKT-Anwendungen beruflich genutzt werden, geben primär die im vorher gehenden Kapitel dargestellten Ergebnisse der Befragung Auskunft. Die den entsprechenden IKT-Anwendungen zuzuordnen Quantitäten spezifischer Datei-Typen sollen zum einen genutzt werden, die Ergebnisse der Befragung aus einer veränderten Perspektive zu prüfen. Zum anderen liefern sie Ergebnisse zur Größenordnung der Anzahl der zu organisierenden digitalen Objekte.

Ein weiterer zu berücksichtigender Effekt ergibt sich dadurch, dass Internet-Browser i. d. R. in einem lokalen Zwischenspeicher Kopien aller zuletzt aufgerufenen Web-Seiten vorhalten, um bei einem wiederholten Abrufen der gleichen Seite diese nicht ein weiteres Mal über das Netz übertragen zu müssen. Damit wäre es nicht möglich, vom Anwender bewusst gespeicherte Internet-Dateien von solchen zu unterscheiden, die ohne Zutun des Anwenders vom Browser im Zwischenspeicher abgelegt wurden. Für den mit einem Marktanteil von 92 Prozent im Jahr 2004 meistgenutzten Browser³⁴, dem *Internet Explorer* von Microsoft, gilt, dass diese Speicherung in versteckten Dateien und Verzeichnissen erfolgt, die zudem mit dem Attribut *System* gekennzeichnet sind. Indem Dateien mit genau dieser Merkmalskombination vom Analyseprogramm *DirStat* nicht mit berücksichtigt werden, lässt sich diese Störung unterdrücken, ohne die Analyseergebnisse bezüglich der genannten Hauptanwendungen zu beeinträchtigen.

Eine weiterer Fehler ergibt sich dadurch, dass im Zuge der Installation des Betriebssystems wie von Anwendungsprogrammen eine Vielzahl von Dateien auf den Computer kopiert werden. Mit diesen Dateien wird der IKT-Anwender in der Regel nicht konfron-

³³ Es ist ein Spezifikum der Arbeit von Lehrkräften, dass Arbeitsmittel wie Computer zu Lasten des Privatetats bestritten werden müssen und somit eine gleichzeitige private Nutzung unter rein ökonomischen Aspekten nahe liegt.

³⁴ Vgl. CT-Magazin für Computertechnik, Heft 23, 1.11.2004, S. 46.

tiert. Sie werden in einer vorgeprägten Ordnerstruktur abgelegt und sollten dort unter normalen Umständen auch unverändert belassen werden, um die Funktion des Systems nicht zu gefährden. Diese Dateien sind daher nach Möglichkeit von solchen zu unterscheiden, die im Zuge der Nutzung des IKT-Systems im Rahmen der Arbeit entstanden sind. Hierzu wurden zwei exemplarische Systeminstallationen erstellt und analysiert und so entsprechende Vergleichs- bzw. Korrekturwerte ermittelt. Abb. 47 zeigt in vergleichender Weise die über alle Systeme ermittelten arithmetischen Mittelwerte der Anzahl der Dateien sowie die Dateimengen der zwei exemplarischen Systempartitionen.

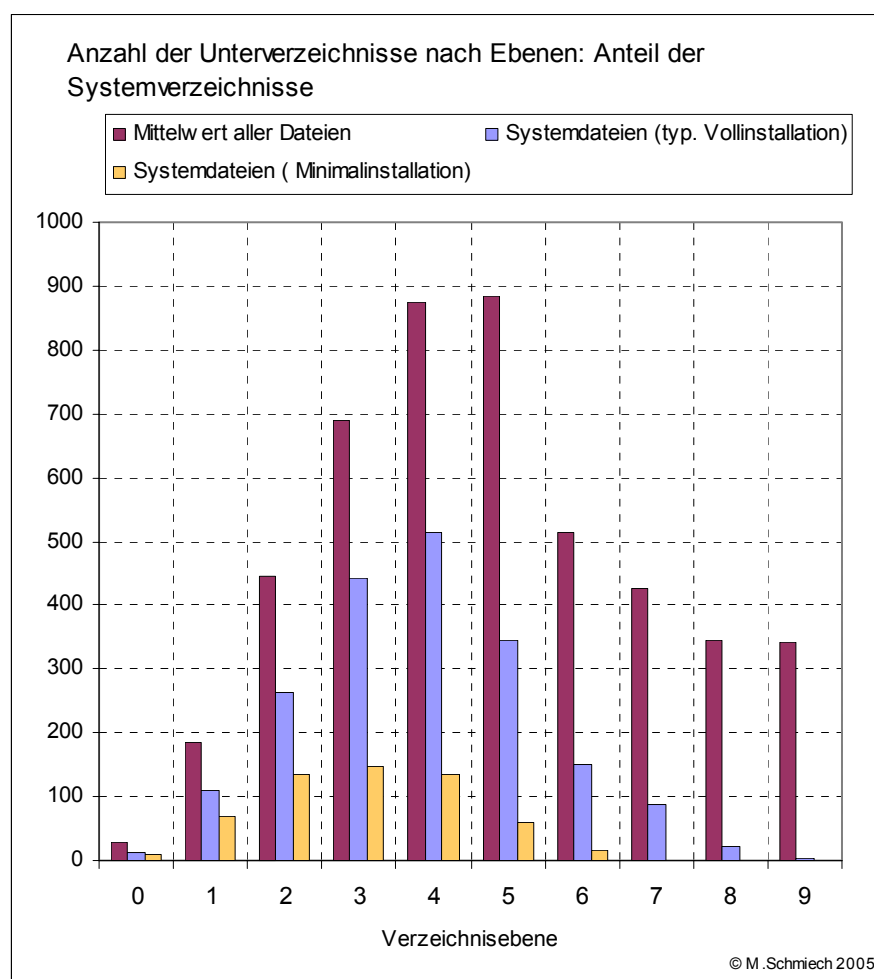


Abb. 47: Anteil und Verteilung von Systemdateien

Die Werte für *Systemdateien (Minimalinstallation)* wurden für ein System mit dem Betriebssystem Windows 2000 Professional (SP4) mit zusätzlichem Virens scanner sowie einer Office-XP-Grundinstallation (Word, Excel, Powerpoint, Access, Outlook) ermittelt. Die Werte für *Systemdateien (typ. Vollinstallation)* ergeben sich aus einem System mit Windows XP Professional (SP1), Office-XP-Grundinstallation, Open-Office-

Grundinstallation, OCR-Programm, Bildbearbeitungsprogramm, Entwicklungssysteme für Java und C++, CAD-System, verschiedenen Simulations- und Entwicklungssystemen aus dem Elektrotechnik-Bereich (Pspice, Simplorer, MPLAB) sowie zahlreichen kleineren Hilfsprogrammen.

Betrachtet man die Verteilung der Dateien in Abb. 47, so hat die Minimalinstallation ihren Schwerpunkt auf der 2. Verzeichnisebene³⁵ (im Verzeichnis `c:\windows\system32`) und nimmt hin zu den höheren Verzeichnisebenen deutlich ab. Die typische Vollinstallation bringt hingegen durch die vielen weiteren Anwendungsprogramme zahlreiche weitere Dateien insbesondere auch auf der fünften und vierten Verzeichnisebene hinzu. Dies lässt sich wie folgt deuten: Anwendungsprogramme liegen in der Regel in einem jeweils separaten Unterverzeichnis in der 2. Ebene. Dieses fasst häufig alle Programme eines Herstellers zusammen, so dass das eigentliche Programm dann in der dritten oder auch vierten Ebene liegt, wenn z. B. noch Versionen eines Programmes nebeneinander abgelegt werden. Innerhalb des eigentlichen Programmverzeichnisses differenziert man schließlich häufig noch ausführbare Programme (z. B. in einem Verzeichnis mit Namen *BIN*), Dokumentationen (z. B. im Unterverzeichnis *DOC*), Beispiele (z. B. in *EXAMPLES*) usw., so dass die zugeordneten Dateien dann häufig auf der vierten oder fünften Ebene zu finden sind.

Tab. 3 zeigt statistische Daten zur Anzahl der Dateien, die sich auf beruflich genutzten IKT-Systemen von Lehrkräften finden, sowie deren Verteilung auf die unterschiedlichen Ebenen des Verzeichnisbaumes. Die Spalte System bezieht sich auf die eben beschriebene typische Vollinstallation, die in der Anzahl der ausführbaren Dateien der Typen EXE und DLL etwa gleichauf mit dem Median der entsprechenden Dateien auf den analysierten Computersystemen liegt (836 bzw. 989 EXE-Dateien, 3.546 bzw. 3.643 DLL-Dateien) und daher im Weiteren als Referenzwert für den typischen Anteil an Systemdateien herangezogen wird. Allerdings zeigt sich in Tab. 3, dass immerhin 25 Prozent der analysierten Systeme in ihrem gesamten Datei-Aufkommen deutlich unterhalb der Werte dieser Vergleichsinstallation liegen, also mit einer deutlich weniger umfangreichen Systeminstallation arbeiten. Die Anzahl der Probanden, die nur Ergeb-

³⁵ Das Stamm- oder Wurzelverzeichnis hat den Index 0.

nisse ihrer Datenpartition geliefert haben, ist hier aufgrund der geringen Anzahl ohne wesentlichen Einfluss. Mit einem kurzen Blick auf die in Abb. 46 dargestellten meistgenutzten IKT-Anwendungen lässt sich feststellen, dass diese auch mit dem eben beschriebenen Minimalsystem betrieben werden können.

Ebene	Mittelw.	Min.	0,10-Q.	0,25-Q.	Median	0,75-Q.	0,90-Q.	Max.	System
0	30	3	9	13	17	26	48	323	17
1	2.112	0	67	181	469	4.249	5.729	12.732	259
2	5.557	1	442	3.201	4.269	5.487	9.860	45.623	3.745
3	6.670	4	1.492	2.722	4.486	8.199	12.690	40.778	4.225
4	9.808	4	1.118	4.083	7.947	15.465	21.044	32.669	6.341
5	12.941	0	1.141	4.091	7.091	16.167	32.565	59.881	7.889
6	8.267	0	568	2.116	4.129	8.889	22.647	56.236	4.383
7	6.485	0	472	749	2.418	4.856	12.320	73.363	1.822
8	3.179	0	145	325	1.134	3.729	11.023	19.648	1.725
9	1.765	0	29	201	713	1.945	4.347	16.649	244
Gesamt	56.366	2.548	7.616	22.516	40.194	60.108	128.215	226.224	30.650

Tab. 3: Anzahl der Dateien nach Verzeichnisebenen

Eine erste Abschätzung bezüglich der Anzahl der zu organisierenden Objekte bzw. Dateien erhält man, wenn man die eben beschriebene Systeminstallation mit 30.650 Dateien vom ermittelten arithmetischen Mittelwert der Anzahl der Dateien je Computer subtrahiert. Es ergibt sich so ein Richtwert von etwa 25.000 Dateien, die im Zuge der Nutzung der Systeme entstanden sind. Allerdings liegt der Mittelwert mit 56.366 Dateien annähernd gleichauf mit der 0,75-Quantile, etwa drei Viertel der Systeme haben also weniger Dateien. Zieht man alternativ den Median mit 40.194 Dateien heran, so ergibt die Differenzbildung etwa 10.000 Dateien. Dabei ist zu beachten, dass beide Differenzen sowohl eigens im Zuge der Arbeit erstellte wie genutzte Dateien als auch möglicherweise im Zuge privater Nutzung entstandene Dateien beinhalten.

Einen differenzierteren Einblick erhält man, wenn man sich den spezifischen Analyseergebnissen der Dateitypen zuwendet, die den in Abb. 46 genannten Anwendungen zugeordnet werden können. Tab. 4 zeigt eine Auswahl von Dateinamens-Erweiterungen und deren Häufigkeiten. Zudem zeigt sie in der rechten Spalte die für die typische System-Vollinstallation ermittelten Vergleichswerte.

Erweiterung	Mittelw.	Min.	0,10-Q.	0,25-Q.	Median	0,75-Q.	0,90-Q.	Max.	System
DOC	1.455	63	157	253	835	1.677	3.764	6.510	0
URL	279	0	0	18	86	174	1.018	2.476	28
PDF	795	17	96	223	429	824	1.569	4.702	49
HTM, HTML	9.631	106	415	750	2.920	10.932	25.036	85.437	2561
GIF	9.047	40	706	1.714	3.558	10.270	23.266	72.752	2034
JPG	5.404	0	417	959	1.897	4.410	6.754	104.425	790
PPT	168	0	13	25	59	121	527	1.641	0
XLS	417	0	16	32	142	348	918	4.052	0
MDB	48	0	0	0	16	36	99	543	0
MP3	601	0	0	0	27	338	1.213	11.416	0
MPEG, MPG, AVI	53	0	0	0	14	71	142	531	0
C, CPP, JAVA, PAS	723	0	0	0	0	879	2.651	4.854	811
Gesamt	34.721	1.137	6.317	10.219	17.554	39.077	76.604	184.503	11515

Tab. 4: Quantitäten ausgewählter Dateitypen³⁶

Eine der ermittelten Hauptanwendungen ist das Erstellen und Bearbeiten von Texten. Hier hat sich das Programm Word der Firma Microsoft als Quasi-Standard etabliert. Für die diesem Programm zuzuordnende Dateinamenserweiterung DOC wurde ein Mittelwert von 1455 Objekten je System errechnet. Dieser Wert liegt fast gleichauf mit dem Wert der dritten Quartile, so dass ein Viertel der untersuchten Systeme mit vielen Dateien dieses Typs etwa genau so viel beitragen wie die verbleibenden drei Viertel. Entsprechend liegt der Median mit 835 Dateien deutlich unter dem Mittelwert. Zu berücksichtigen ist hier, dass sich das DOC-Format zunehmend auch als Download-Format im Bereich von Bildungsportalen etabliert, die gezählten Dateien also nicht notwendigerweise auch selbst erstellte Dateien sind. Dateinamenserweiterungen, die auf die Verwendung anderer Lösungen, wie z. B. das Open-Source-Produkt OpenOffice, schließen lassen, wurden nur sehr vereinzelt gefunden und demzufolge hier nicht weiter berücksichtigt. Der Anteil des dem OpenOffice-Textverarbeitungsprogramm bzw. dem weitgehend identischen Programm StarWriter zuzuordnenden Dateityps SWX liegt unter 0,5 Prozent der Anzahl der DOC-Dateien.

Die Informations- und Ressourcenbeschaffung im Internet ist eine weitere der zentralen Anwendungen von IKT-Systemen in der Arbeit von Lehrkräften. Ein mögliches Verfahren ist es, Verweise auf relevante Informationsbestände im Internet mit Hilfe sogenannter Lesezeichen zu speichern. Für den Internet Explorer von Microsoft gilt, dass jedes Lesezeichen als Datei mit der Erweiterung URL gespeichert wird. Bezüglich dieses Dateityps liefert die Analyse im Median 86, im Mittel immerhin 279 Objekte je System.

³⁶ Auf eine Angabe der Standardabweichung wurde verzichtet, da diese aufgrund der erheblichen Streuung der Ergebnisse und der nicht notwendigerweise unimodalen und symmetrischen Verteilung kaum brauchbar ist.

Berücksichtigt man, dass die Grundinstallation des Browsers je nach Version etwa 30 URL-Dateien pro Benutzerkonto anlegt, relativiert sich die Nutzung von Lesezeichen ein wenig. Allerdings ist die Informationsbeschaffung im Internet aus Kostengründen wie auch zur Sicherung mutmaßlich flüchtiger Informationsangebote häufig auch mit einem Herunterladen der entsprechenden digitalen Objekte auf den eigenen Computer verbunden. Ein verbreitetes Format für Download-Angebote im Internet ist PDF, hier wurden im Median 429 Objekte ermittelt. Nicht unüblich ist auch das lokale Speichern bedeutsamer Web-Seiten. Sie werden als Dateien mit der Erweiterung HTML bzw. HTM abgelegt, wobei in die entsprechenden Seiten integrierte Bilder, Grafiken, Logos und andere Objekte in der Regel zu weiteren lokal gespeicherten Dateien führen. Vergleicht man den Median der Anzahl der HTM - bzw. HTML-Dateien mit dem Wert für die DOC-Dateien, so ist hier mit in der Summe 2920 Objekten in etwa die vierfache Anzahl zu finden. Für in Web-Seiten eingebundene Grafiken und Bilder sind die Formate GIF und JPG vorherrschend, so dass die im Median mit 3558 valutierenden GIF-Dateien in engem Zusammenhang mit den Web-Seiten zu sehen sind, während die im Median 1897 JPG-Dateien wohl auch auf die zunehmende Verbreitung der Digital-Fotografie und die damit verbundene Speicherung von Fotos im JPG-Format zurückzuführen ist. Weitere Grafik-Formate wie PNG liegen in ihrer Häufigkeit wenigstens einen Faktor 10 unter den genannten Werten und sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht aufgeführt. Auch zu berücksichtigen ist bei der Wertung der hohen Zahl der gefundenen Web-Seiten, dass semantische Informationseinheiten nicht selten der besseren Lesbarkeit und Übersicht halber auf mehrere miteinander verwobene Web-Seiten verteilt sind. Werden zur lokalen Speicherung derartiger Objekte spezielle Download-Tools eingesetzt, so können mit wenigen Bedienschritten nicht immer vorhersehbar viele Dateien lokal gespeichert werden. Weiter ist in Betracht zu ziehen, dass auch E-Learning-Einheiten oder Online-Bücher häufig in Form einer Vielzahl von Web-Seiten gespeichert sind. Der Anteil der von Lehrkräften selbst erstellten Objekte dürfte mit Blick auf die doch begrenzte Anzahl von Lehrkräften, die regelmäßig Web-Seiten erstellen, eine deutlich untergeordnete Rolle spielen (vgl. Abb. 46).

Weitere in der Arbeit von Lehrkräften bedeutsame IKT-Anwendungen sind durch eine marktbeherrschende Position der Office-Anwendungen der Firma Microsoft gekennzeichnet, so dass sich hier schnell ein Überblick gewinnen lässt:

- Kalkulationen werden verbreitet mit dem Programm Excel von Microsoft durchgeführt. Hier finden sich im Medium immerhin 142 Objekte, die ihrerseits viele Tabellenblätter mit unterschiedlichen Kalkulationsanwendungen beherbergen können. Auch hier ziehen wenige Intensivst-Nutzer den Mittelwert auf 417 Objekte, immerhin 10 Prozent der Lehrkräfte der Stichprobe haben über 918 Excel-Dateien auf ihrem System.
- IKT-gestützte Präsentationen werden weit verbreitet mit PowerPoint gestaltet. Hier valutiert der Median mit 59 Objekten, dem gegenüber liegt der Mittelwert bei immerhin 168 Objekten.
- Datenbank-Anwendungen lassen sich auf einfache Weise mit Access erstellen. Hier liegt der Median bei 16 und der Mittelwert bei 48 Objekten. Jedes MDB-Objekt kann hierbei eine Vielzahl unterschiedlicher Datentabellen enthalten. Von der populären Datenbank MySQL konnten keine Anwendungs-Artefakte ausgemacht werden.

Abschließend sind noch zwei Anwendungsbereiche anzuführen, in denen der Anteil regelmäßiger beruflicher Anwender bei nur etwa 20 Prozent liegt.

- Dies gilt für das Arbeiten mit Audio- und Video-Dateien, die sich unter oft ungeklärten rechtlichen Verhältnissen aus P2P-Netzwerken auf den Computer laden lassen, sich aber durchaus auch mit didaktischen Absichten erstellen und bearbeiten lassen. Bei den vielfach als Format für MP3-Player angesammelten MP3-Dateien liegt der Median bei 27 Objekten, während immerhin 25 Prozent mehr als 338 Objekte lokal speichern. Das ermittelte Maximum liegt bei tatsächlich 11416 Objekten dieses Typs, gleichzeitig finden sich bei 25 Prozent der Probanden keine solche Dateien. Bei den typischen Video-Formaten liegt der Median bei 14 Objekten, während 25 Prozent immerhin wenigstens 71 Objekte auf ihrem System speichern.
- Und dies gilt für den Bereich der Programmierung. Hier wurden die Dateitypen der am häufigsten gefundenen Source-Code-Dateien mit folgendem Ergebnis aufsummiert: Während sich im Median keine derartigen Objekte finden, sind bei 10 Prozent wenigstens 2651 Objekte auszumachen. Typische Dateinamens-Erweiterungen im Kontext der Gestaltung dynamischer Web-Seiten (PHP, ASP, JSP etc.) wurden dabei nicht berücksichtigt.

Betrachtet man das Gesamtergebnis der in Tab. 4 dargestellten Dateitypen, so erhält man abzüglich der für ein typisches System zu veranschlagenden 11.515 Dateien einen Median von 6039 Objekten auf beruflich genutzten IKT-Systemen von Lehrkräften. Bringt man alternativ den Mittelwert zum Ansatz, so erhält man 23.206 Dateien. Wie auch in den meisten Einzelkategorien liegt der arithmetische Mittelwert in der Nähe der 0,75-Quantile und damit deutlich über dem Median. Dies bedeutet, dass 25 Prozent der untersuchten Lehrkräfte zusammen etwa die gleiche Zahl digitaler Objekte verwenden, wie die verbleibenden 75 Prozent. Weiter ist zu berücksichtigen, dass mit den dargestellten Dateitypen nur ein Kern von Anwendungen eingerechnet wurde. So bleiben hier z. B. populäre Anwendungen im Bereich von Präsentationsgrafiken (CorelDraw, Visio, AutoSketch usw.) genauso wie alle branchenspezifischen Programme unberücksichtigt. Die eben dargestellten Analyseergebnisse liefern auch mit Blick auf die Ergebnisse zur Forschungsfrage F 3 ein kohärentes Bild. In Bezug auf die Forschungsfrage F4 ist folgendes festzustellen: Allein unter Berücksichtigung der in Abb. 46 dargestellten Kernanwendungen kann von typisch einigen Tausend bis hin zu mehreren Zehntausend digitalen Objekten ausgegangen werden, die im Zuge der Arbeit von Lehrkräften zu organisieren sind.

4.5 Organisation digitaler Objekte

Die vorliegenden Ergebnisse machen deutlich, dass Lehrkräfte im Kontext ihrer Arbeit einen erheblichen Bestand unterschiedlicher digitaler Objekte geeignet organisieren müssen. Zudem konnte festgestellt werden, dass die in digitaler Form vorliegenden Informationen bereits einen Anteil von über 50 Prozent an den für Lehrkräfte bedeutsamen Informationen ausmachen. Eine effiziente Organisation dieser Informationen ist damit eine unabdingbare Voraussetzung für ein erfolgreiches Bestehen im Beruf. Häufig werden sich Lehrkräfte nicht im Besonderen, also z. B. im Rahmen formaler Aus- und Weiterbildungsangebote, mit Fragen der Organisation digitaler Objekte befasst haben. Naheliegender ist es dann, im Umgang mit Papiermedien geübte Verfahrensweisen nach bestem Wissen auf das *neue* Medium zu übertragen. Die verbreiteten Bezeichnungen *Dokument* und *Ordner* für *Datei* und *Verzeichnis* ebnen hierfür den Weg. Inwieweit hier tatsächlich nach alten Prinzipien im neuen Medium verfahren wird, kann Abb. 48 entnommen werden.

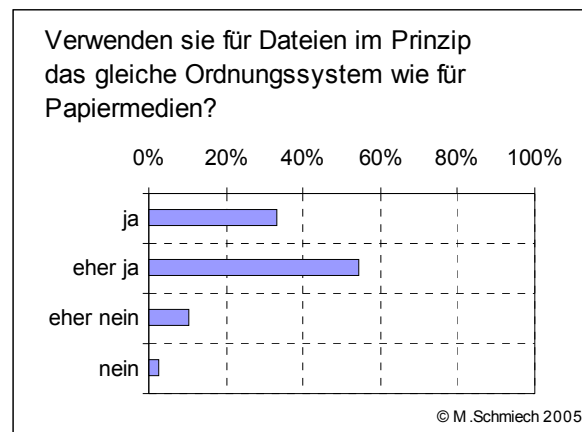


Abb. 48: Verwendetes Ordnungssystem

Das Ergebnis ist eindeutig: Die Verwendung eines im Prinzip gleichen Ordnungssystems wird von fast 90 Prozent der Befragten bejaht. Eine Zustimmung ohne Abstriche findet sich bei etwas mehr als 30 Prozent der Befragten, während etwa 55 Prozent hier bedingt zustimmen. Etwas mehr als 10 Prozent der Befragten antworteten mit *eher nein*, während ein *nein* ohne Abstriche nur wenige Prozent erhält. Plausible Gründe für eine nur bedingte Zustimmung können ggf. darin liegen, dass doch gewisse Differenzen im Vorgehen augenscheinlich sind. Zumindest aus Sicht der Lehrkräfte findet die Forschungsfrage F 5 damit eine eindeutige Beantwortung. Inwieweit dieses Bild auch nach Auswertung der Analyseergebnisse zu Umfang und Struktur verzeichnisbasierter Ordnungssysteme aufrecht zu erhalten ist, wird weiter unten dargestellt.

4.5.1 Arbeitsmittel

Die angewandten Prinzipien und Verfahrensweisen in der Organisation digitaler Objekte stehen in engem Zusammenhang mit hierfür verwendete Arbeitsmittel (vgl. Abschnitt 1.5.4). Aus diesem Grunde wurde erhoben, welche über das übliche Nutzen eines Dateimanagers zum verzeichnisbasierten Ablegen von Dateien hinausgehende Arbeitsmittel bzw. Software-Werkzeuge eingesetzt werden, um die Objekte bzw. Dateien auf dem eigenen Rechner zu verwalten. Die Ergebnisse zeigt Abb. 49.

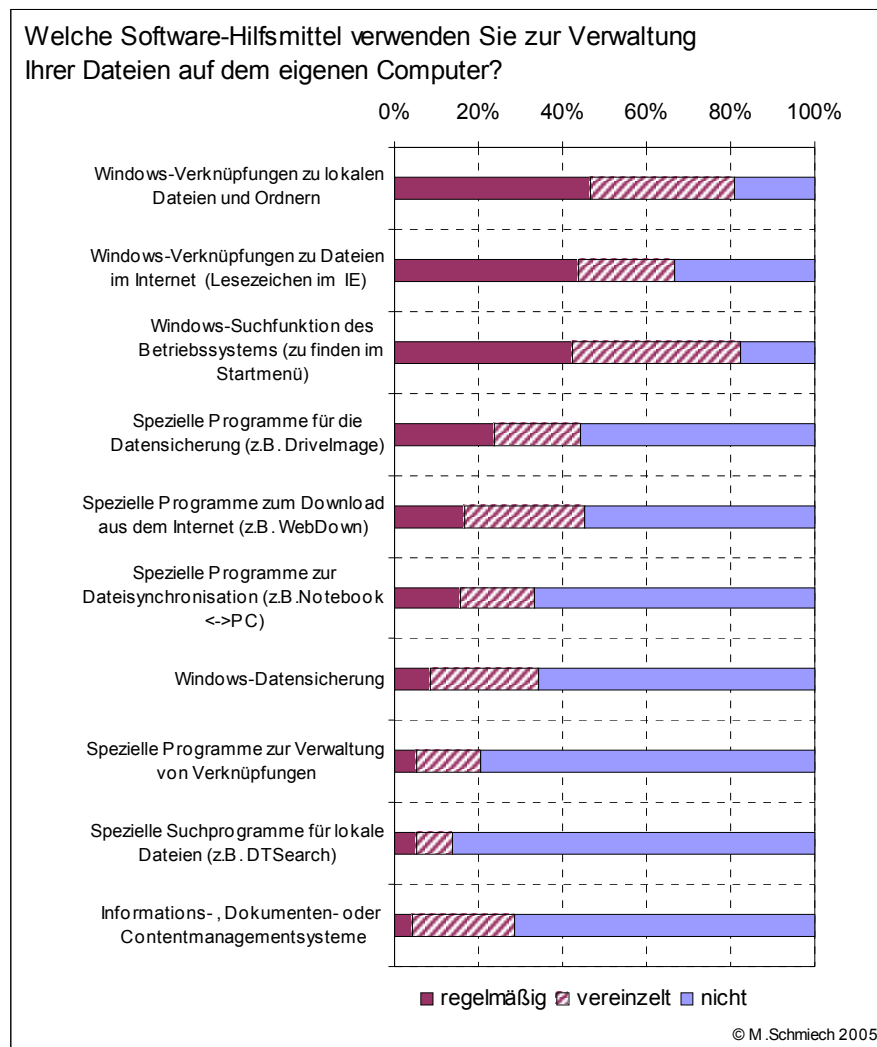


Abb. 49: Verwendete Werkzeuge zur Datei-Organisation

Mit über 40 Prozent regelmäßiger und weiteren fast 40 Prozent gelegentlicher Nutzung rangiert die Betriebssystem-Funktion des Anlegens von Verknüpfungen zu Objekten an vorderer Stelle. Für die Dateinamenserweiterung LNK, mit der solche Verknüpfungen als Objekte abgelegt werden, ergibt sich im Rahmen der System-Analyse mit *DirStat* ein Median von 369 Verknüpfungen. Zu beachten ist allerdings, dass das Vergleichssystem auch schon 431 solcher Dateien hat. Weitergehende Analysen zeigen eine starke Korrelation der Anzahl der Verknüpfungen (LNK) eines Systems mit der Anzahl der installierten Programme (EXE). PEARSONS Produkt-Moment-Korrelation erreicht hier einen Wert von $r=0,82$, wobei nach COHEN schon ab einem Wert von $r=0,5$ ein starker Effekt vorliegt (vgl. WIRTZ / NACHTIGALL 1998, S. 107). Es muss daher davon ausgegangen werden, dass sich dieser hohe Wert der Befragten, die mit Verknüpfungen arbeiten, darauf bezieht, dass im Rahmen von Programminstallationen weitgehend automati-

siert Verknüpfungen im Startmenü wie auch auf dem Desktop angelegt werden. Das Verwenden von Verknüpfungen zur Realisierung einer Objekt-Ablage in unterschiedlichen Ordnungskontexten, die eine Mehrfachspeicherung von Objekten vermeidet, ist demnach eine Randerscheinung. Einen ähnlichen Anteil regelmäßiger Nutzung wie einen Anteil von 20 Prozent gelegentlicher Nutzung erreicht die Funktion, Verknüpfungen bzw. Lesezeichen zu Objekten im Internet anzulegen. Für die entsprechende Erweiterung (URL) liegt der Median allerdings nur bei 86 Objekten, während der Mittelwert mit 2790 Objekten hier sogar deutlich über der 0,75-Quantile (174 Objekte) liegt und eine 0,9-Quantile von immerhin 1018 Objekten ermittelt wurde (vgl. Abschnitt 4.4.2). Im Ergebnis liegt eine in Relation zum Bestand der zu organisierenden Objekte signifikante Nutzung dieses Hilfsmittels bei weniger als 25 Prozent der Befragten vor. Die im Betriebssystem integrierte Suchfunktion wird von etwa 40 Prozent regelmäßig und von weiteren 40 Prozent gelegentlich genutzt, weniger als 20 Prozent kommen also ohne diese Funktion aus.

Für alle weiteren Hilfsmittel gilt, dass diese von mehr als 50 Prozent der Befragten nicht und von meistens deutlich weniger als 20 Prozent regelmäßig genutzt werden. Unter *Spezielle Programme zum Download aus dem Internet* lassen sich sowohl Download-Programme für Websites wie auch P2P-Clients zur Partizipation an Tauschbörsen subsumieren. Für diese Gattungen werden immerhin noch etwa 45 Prozent regelmäßige oder gelegentliche Nutzung erreicht. In puncto Datensicherung wurden zwei Kategorien angeboten. Die integrierte Windows-Datensicherung wird nur zu etwa 35 Prozent regelmäßig oder gelegentlich genutzt, spezielle Datensicherungsprogramme liegen etwa 10 Prozent darüber. Der Anteil der Befragten, die keine der beiden Datensicherungsvarianten nutzen, liegt bei 39 Prozent. Spezielle Suchprogramme für Objekte auf dem lokalen Computer bzw. zur Verwaltung von Lesezeichen und Verknüpfungen, die in Ihrem Funktionsumfang in der Regel über die im Betriebssystem integrierten Lösungen hinausgehen, werden von deutlich unter 10 Prozent der Befragten regelmäßig und von mehr als 75 Prozent gar nicht genutzt. Ähnliches gilt für Dokumenten- oder Content Management Systeme. Hier liegt der Anteil der regelmäßigen Nutzer bei 4,2 Prozent. Vereinzelt wurden alternative Dateimanager und auch Bild-Browser als weitere verwendete Hilfsmittel ergänzt.

Mit Blick auf die Forschungsfrage F 6 zu den zur Organisation eingesetzten Arbeitsmitteln ist festzustellen, dass der überwiegende Teil der befragten Lehrkräfte sich auf

Bordmittel des verwendeten Betriebssystems beschränkt und die damit gegebenen Möglichkeiten nicht ausschöpft. Insgesamt lässt der Blick auf die eingesetzten Arbeitsmittel auf ein eher geringes Bewusstsein von Lehrkräften in der Organisation digitaler Objekte schließen.

4.5.2 Dimensionen verzeichnisbasierter Organisationssysteme

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass Lehrkräfte sich zur Organisation ihrer digitalen Objekte fast ausschließlich der Möglichkeiten des Betriebssystems bedienen, Dateien in Verzeichnissen zu organisieren. Ziel einer solchen Organisation ist es im Allgemeinen, die Objekte in einer Weise zu arrangieren, die einen möglichst unmittelbaren Zugriff auf die in unterschiedlichen Kontexten benötigten Objekte erlaubt (vgl. Abschnitt 1.3.3), ohne dass eine weitreichende inhaltsbezogene Sichtung und Auswahl der Objekte notwendig ist. Hierzu sind objektbezogene Metainformationen erforderlich. Die Kodierung solcher Metainformationen im Rahmen von Windows-Dateisystemen wie NTFS oder FAT kann nur innerhalb von Datei- und Verzeichnisnamen wie auch in der Struktur des Verzeichnisbaumes erfolgen³⁷. Dabei ist der Dateiname auf ein spezifisches Objekt bezogen, mithin zur Kodierung objektspezifischer Metainformationen geeignet, während ein Verzeichnisname typisch das Gemeinsame der in einem Verzeichnis abgelegten unterschiedlichen Objekte beschreibt. Ein Verzeichnis bestimmt zudem die im Windows-Dateimanager *Explorer* in einer Sicht darstellbaren Objekte.

Wie schon in Abschnitt 1.3.3 angeführt, sind abhängig vom jeweiligen Kontext der Arbeit ggf. unterschiedliche Ordnungsdimensionen und Sichten auf Objekte ideal. Insgesamt sind zahlreiche Ordnungsdimensionen denkbar und von Relevanz. Aufschluss darüber, welche Differenzierungen bzw. Gemeinsamkeiten bei Lehrkräften zum Anlegen neuer Verzeichnisse führen, liefert Abb. 50.

³⁷ Darüber hinaus werden eher technisch orientierte Metainformationen bzw. Dateiattribute wie die Dateigröße automatisch im Rahmen des Dateisystems gespeichert. Diese können zum Teil im Dateimanager zur Ansicht gebracht und als Sortierkategorie die Reihenfolge der Auflistung der Objekte in der Ansicht beeinflussen. Einen weiteren rudimentärer Metadaten-Ansatz ermöglichen es, mit Office-Produkten erstellte Dokumente mit Metainformationen wie Titel, Kategorie und Stichwörter anzureichern. Diese Informationen können dann wiederum im Dateimanager zur Beeinflussung der Ansicht im Explorer genutzt, aber dort nicht verändert werden. Dies betrifft auch weitere Metainformationen, die innerhalb anderer verbreiteter Dateiformate kodiert vorliegen, wie z. B. die Bitrate von MP3-Dateien oder die Pixel-Abmessungen von Bitmap-Dateien. Eine Suche mit Bezugnahme auf diese Metainformationen ist nur innerhalb der Office-Anwendung möglich und erfordert ein langwieriges Öffnen jeder zu durchsuchenden Datei.

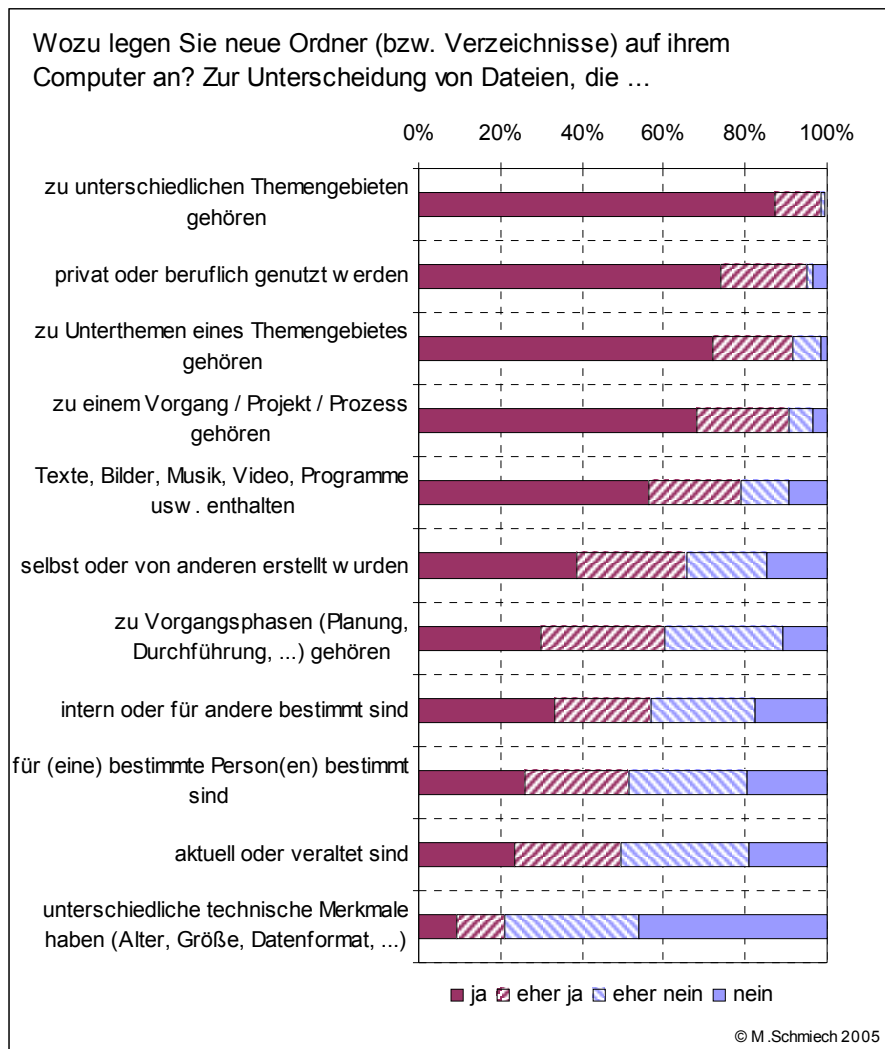


Abb. 50: Ordnungsdimensionen zum Anlegen neuer Ordner

Im Ergebnis erhält die allgemeinste Begründung mit fast 90 Prozent uneingeschränkter - und weiteren etwa 10 Prozent eingeschränkter Zustimmung den höchsten Wert, wobei mit dem gewählten Bezeichner *Themengebiet* auch eine gewisse begriffliche Unschärfe einher geht. Themen sind im Prinzip beliebige Inhalte oder Gegenstände, mit denen man sich z. B. im Zuge von Gesprächen befasst. Themengebiete fassen durch gewisse Gemeinsamkeiten gekennzeichnete Mengen von Themen zusammen. Das Anlegen von Unterverzeichnissen für Unterthemen eines Themengebietes, mithin das Anlegen hierarchisch gegliederter Strukturen, wird von mehr als 70 Prozent uneingeschränkt und weiteren 20 Prozent eingeschränkt bejaht.

Neben einer an in der Tendenz eher statischen und allgemein verbindlichen Themengebieten orientierten Anlage neuer Verzeichnisse ist es für fast 70 Prozent uneingeschränkt und für weitere 20 Prozent eingeschränkt üblich, auch für in der Tendenz eher dynamisch und als Einzelfälle zu charakterisierende Vorgänge, Projekte und Prozesse neue Verzeichnisse anzulegen. Ein weiterer mit ähnlich hoher Zustimmung versehener Zweck ist das Unterscheiden privater und beruflich genutzter Dateien. Auch das Anlegen neuer Verzeichnisse zum Unterscheiden von Objekt- bzw. Medienarten wie Texte, Bilder, Videos, Musik ist mit fast 80 Prozent Zustimmung sehr verbreitet.

In der Summe noch deutlich überwiegend positive Rückmeldungen gibt es bezüglich des Anlegens von Verzeichnissen zur Unterscheidung von selbst- oder fremd erstellten Dateien, zur Unterscheidung von Dateien, die für den internen Gebrauch oder zur Weitergabe an Andere bzw. zur Veröffentlichung bestimmt sind und schließlich auch für eine Differenzierung nach Vorgangsphasen (als Unterkategorien von Vorgängen, Projekten bzw. Prozessen). Gleichmaßen zustimmende wie ablehnende Rückmeldungen gibt es bezüglich der Unterscheidungen nach personalen Bezügen wie für die Unterscheidung aktueller und veralteter Dateien. Eher technische Merkmale wie die Größe, das Datenformat oder das Alter von Dateien führen nur bei etwa 10 Prozent der Befragten uneingeschränkt und bei weiteren etwa 10 Prozent eingeschränkt dazu, diese in eigenen Verzeichnissen zu separieren.

Vereinzelt wurden weitere Beweggründe zum Anlegen neuer Verzeichnisse genannt. Soweit möglich wurden diese den bestehenden Nominalkategorien zugeschlagen. Über diese Kategorien hinaus gehend wurden folgende Gründe angeführt:

- Um Ordnung in einem Verzeichnis zu schaffen, das durch zu viele Dateien zu unübersichtlich geworden ist (wurde mehrfach angeführt).
- Um temporäre Dateien zu beherbergen, so dass diese nach Gebrauch ohne Rückstände gelöscht werden können.
- Um Dateien hervorzuheben, die durch eine besondere Wichtigkeit gekennzeichnet sind.
- Um Dateien zusammenzufassen, die dem gleichen Programm zugeordnet sind.
- Um die Quelle, aus der Dateien stammen, zu kennzeichnen.

Hinsichtlich der in Dateinamen kodierten Metainformation dominiert der Titel des Inhaltes mit ca. 65 Prozent uneingeschränkter wie weiteren etwa 30 Prozent eingeschränkter Zustimmung. Die spezielle Funktion der Datei wie der Bezug zu einem Themengebiet sind für mehr als 80 Prozent der Befragten wichtige Bezugspunkte zur Vergabe von Dateinamen, wobei die ungeteilte Zustimmung bei der Kategorie *Funktion* mit etwa 55 Prozent um 15 Prozent höher valutiert als bei der Kategorie *Themengebiete* (siehe Abb. 51).

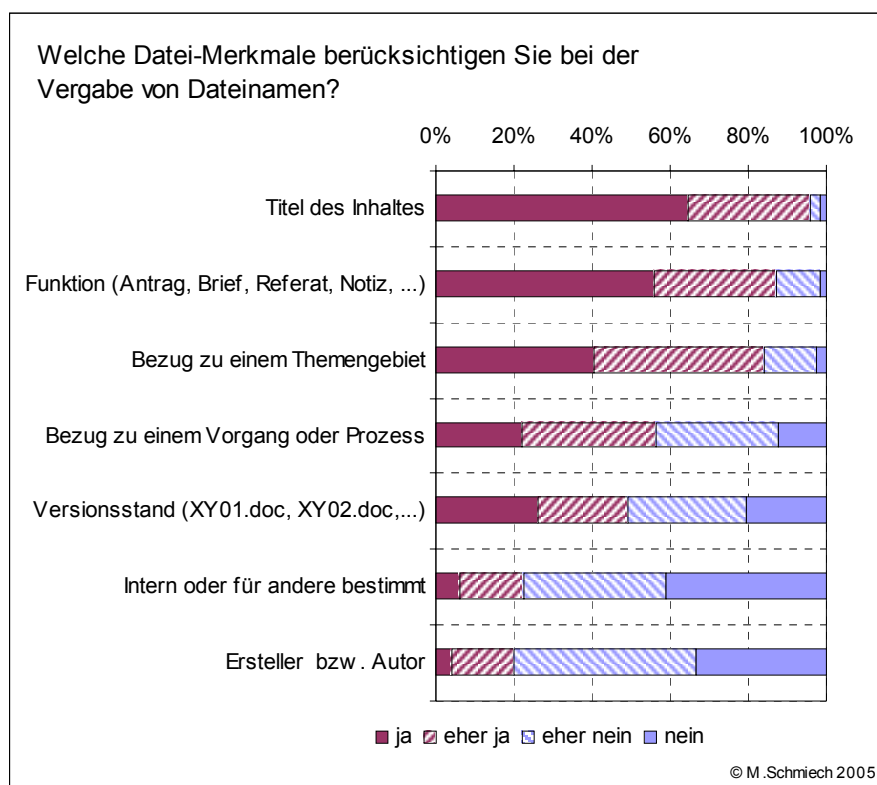


Abb. 51: Ordnungsdimensionen bei der Vergabe von Dateinamen

Mit einem leichten Übergewicht positiver Rückmeldungen und einer uneingeschränkten Zustimmung von etwas mehr als 20 Prozent werden auch Bezüge zu Vorgängen und Prozessen bei der Vergabe von Dateinamen berücksichtigt, während sich bei der Kodierung von Versionsständen die Rückmeldungen in etwa die Waage halten. Mit etwa nur insgesamt ca. 20 Prozent Zustimmung werden Ersteller bzw. Autoren wie der Vertraulichkeitsstatus einer Datei bei der Namensvergabe berücksichtigt. Mehrfach und zum Teil mit Bezug auf Bilddateien wurde angegeben, dass das Erstellungsdatum einer Datei in einer Weise im Dateinamen aufgenommen wird, die ein chronologisches Sortieren der Dateien ermöglicht (z. B. *2005-12-24-Weihnachten-bei-Schwiegereltern*). Einige wenige *Traditionalisten* haben angegeben, sich zur Wahrung der DOS-Kompatibilität

auf maximal acht Zeichen breite Dateinamen zu beschränken. Erwähnenswert ist noch folgende Aussage eines Befragten zur Strategie der Namensvergabe: „*Ich versetze mich in mich selbst, wie ich wohl nach einem völligen Vergessen des Namens nach der Datei suchen würde. So entsteht der Name.*“

4.5.3 Umfang und Struktur verzeichnisbasierter Organisationssysteme

Nachdem nun ein Überblick hinsichtlich der für die Organisation digitaler Objekte relevanten Ordnungsdimensionen und -verfahren gewonnen wurde, soll im Weiteren untersucht werden, welche quantitativen Merkmale derart erzeugte Ordnungssysteme auszeichnen. Hierzu können wiederum mittels des Analyseprogramms *DirStat* gewonnene Daten herangezogen werden. Zunächst soll eine an Tab. 3 angelehnte Betrachtung statistischer Daten zu den untersuchten Verzeichnissystemen erfolgen (siehe Tab. 5).

Ebene	Mittelw.	Min.	0,10-Q.	0,25-Q.	Median	0,75-Q.	0,90-Q.	Max.	System
0	28	5	9	12	19	28	65	113	11
1	186	2	66	113	141	199	388	776	110
2	446	0	142	266	330	589	903	1.794	264
3	689	10	182	344	509	904	1.543	2.092	441
4	875	8	159	307	531	1.132	2.122	3.746	514
5	883	17	100	234	499	880	1.683	7.465	345
6	515	15	58	111	294	552	942	5.386	152
7	426	2	44	75	167	379	975	3.360	88
8	344	0	7	31	80	185	723	3.754	21
9	340	0	5	12	23	130	558	5.432	2
Gesamt	4.677	383	819	1.754	2.585	5.230	10.407	24.417	1.948

Tab. 5: Verzeichnisse nach Verzeichnisebenen

Hier zeigt sich eine insgesamt sehr große Anzahl von Verzeichnissen auf den analysierten Systemen. Der Mittelwert liegt bei 4.677, der Median bei 2.585 Verzeichnissen. Darüber hinaus korrelieren die Anzahl der Dateien und die Anzahl der Verzeichnisse in einer nach Verzeichnisebenen differenzierten Betrachtung in hohem Maße. Die Ermittlung des Korrelationskoeffizienten nach PEARSON liefert einen Wert von $r=0,94$. Die Abb. 52 visualisiert die entsprechenden Verhältnisse.

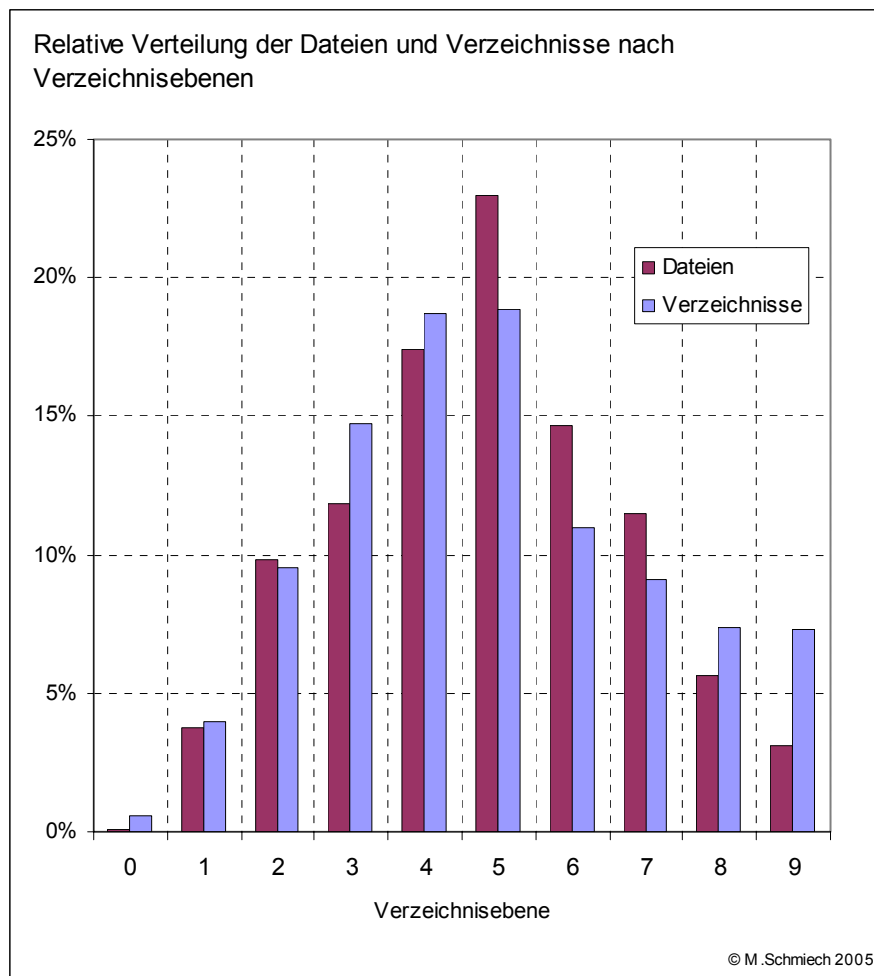


Abb. 52: Relative Verteilung der Dateien und Verzeichnisse nach Ebenen

Weiter zeigt Abb. 52 einen Schwerpunkt der Dateien und Verzeichnisse auf der fünften und vierten Verzeichnisebene. Hier spielen zum einen die schon erwähnten Systemdateien der installierten Programme eine Rolle. Zum anderen legt das Betriebssystem *Windows* den Ordner *Eigene Dateien*, in dem im Zuge der Nutzung von IKT-Anwendungen erzeugte Dateien zumindest per Voreinstellung abgelegt werden, in die dritte Verzeichnisebene. Konstatiert man nun weiter, dass die meisten Dateien nicht unmittelbar dort, sondern in einer hier ansetzenden ein- oder zweistufigen Sortierung abgelegt werden, so gelangt man damit in die vierte bzw. fünfte Verzeichnisebene.

Die große Anzahl an Verzeichnissen wirft die Frage auf, wie viele Dateien und ggf. Unterverzeichnisse in einem Verzeichnis zu finden sind. Nimmt man zunächst den in Tab. 3 dargestellten arithmetischen Mittelwert der Anzahl der Dateien und dividiert durch den Mittelwert der insgesamt vorhandenen Verzeichnisse, so kommt man auf einen Wert von 12,05 Dateien pro Verzeichnis. Für die Systeminstallation ergibt sich

ein Wert von 15,73 Dateien pro Verzeichnis, eine um die Systemanteile bereinigte Rechnung liefert 9,42 Dateien pro Verzeichnis. Eine nach Ebenen differenzierte Betrachtung ermöglicht Abb. 53. Die dargestellten Werte wurden auf Basis der Mittelwerte jedes analysierten Systems berechnet, so dass vereinzelt vorzufindende erhebliche Abweichungen hier kaum zum Tragen kommen. Zudem wurden die verrechneten Mittelwerte nicht entsprechend der Anzahl der darin gemittelten Werte gewichtet, sondern alle Systeme als gleich gewichtete Einzelfälle angenommen.

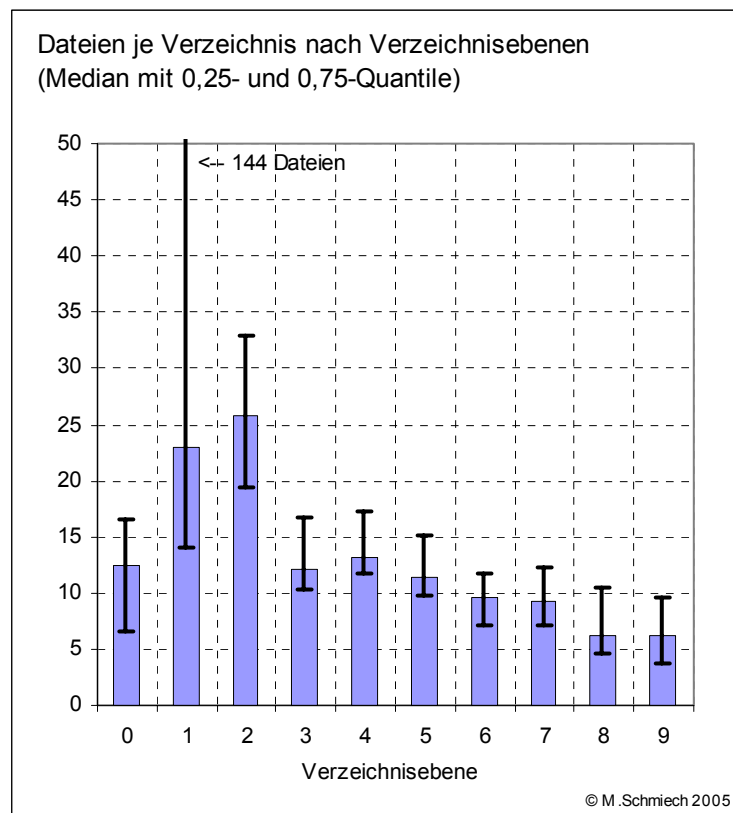


Abb. 53: Dateien pro Verzeichnis nach Ebenen

Im Ergebnis erhält man einen durch eine recht geringe Streuung der Mittelwerte gekennzeichneten Verlauf. Die Werte für das Stammverzeichnis wie für die folgenden zwei Verzeichnisebenen sind durch Systemdateien geprägt, von denen häufig eine größere Anzahl in einem Verzeichnis abgelegt wird. Auf Ebene Eins zeigt sich die Besonderheit, dass bei immerhin 25 Prozent der analysierten Systeme im arithmetischen Mittel wenigstens 144 Dateien pro Verzeichnis abgelegt sind. Eine mögliche und durch Erfahrungswerte begründete Erklärung hierfür ist, dass für bestimmte Medienarten wie Audio-Dateien (z. B. MP3) oder Bilder bzw. Fotos (JPG) spezielle Verzeichnisse nahe dem Stammverzeichnis angelegt werden. Immerhin geben ca. 80 Prozent der Befragten

an, zur Unterscheidung von Texten, Bildern, Musik und Video Verzeichnisse anzulegen (vgl. Abb. 50).

Ein weiteres Ergebnis ist, dass die Besiedlung der Verzeichnisse mit Dateien ab der vierten Verzeichnisebene hin zu höheren Verzeichnisebenen stetig abnimmt und mit Werten unter 10 Dateien ab der sechsten Ebene recht gering ist (siehe Abb. 53).

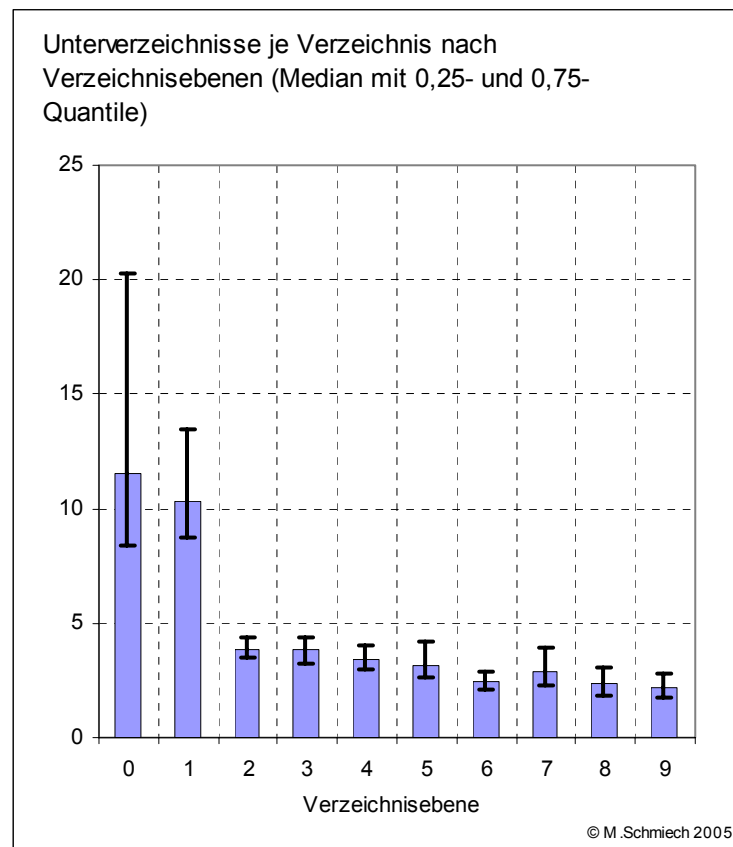


Abb. 54: Unterverzeichnisse pro Verzeichnis nach Ebenen

Abb. 54 zeigt die Verteilung der Unterverzeichnisse je Verzeichnis nach Verzeichnisebenen, wobei die letzten Verzeichnisse in der Hierarchie, die ja keine Unterverzeichnisse haben, nicht mit eingerechnet wurden. Insgesamt zeigt sich ein zweigeteiltes Bild. Das Stammverzeichnis wie die Verzeichnisse der ersten Ebene haben im Median etwa 11 Unterverzeichnisse. Dies entspricht den Werten des Vergleichssystems und ist zu einem guten Teil auf die Eigenheiten des Windows-Betriebssystems zurückzuführen. Auf der ersten Ebene liegen bei den meisten Systemen die Unterverzeichnisse des Betriebssystemverzeichnisses, die Ordner der geführten Benutzerkonten wie auch die Ordner der meisten installierten Anwendungen. Auf der untersten Ebene, dem Stammverzeichnis, finden sich in der Regel die Ordner für die Betriebssystemdateien, für

Pogramminstallationen, für Dokumente und Einstellungen und auch Ordner für geräte-spezifische Treiberdateien. Zudem gibt es einige Anwendungsprogramme, die sich mit ihrem Verzeichnis entgegen den Windows-Konventionen im Stammverzeichnis ansiedeln. Der auffällig hohe Wert der 0,75-Quantile könnte andeuten, dass manche Lehrkräfte bzw. Systembenutzer das Stammverzeichnis nutzen, um dort weitere Verzeichnisse mit besonderer Bedeutung anzulegen. In allen Verzeichnissen der Ebenen Zwei und höher finden sich, sofern Unterverzeichnisse vorhanden sind, im Median der Mittelwerte der einzelnen analysierten Systeme weniger als vier Unterverzeichnisse. Der über diese Ebenen gebildete Mittelwert der Mediane liegt bei 3 Unterverzeichnissen, der entsprechende Mittelwert der 0,75-Quantile liegt bei 3,7 Unterverzeichnissen.

Die betrachteten Verzeichnisstrukturen erhalten ihre spezielle Bedeutung, indem die sie konstituierenden einzelnen Verzeichnisse benannt werden. Während zu Zeiten des Betriebssystems DOS wie des Dateisystems *ISO 9660 - Level 1* mit maximal 8 Zeichen für einen Namen und weiteren maximal 3 Zeichen für eine Erweiterung sowie eines recht eingegrenzten Zeichensatzes noch starke Beschränkungen hinzunehmen waren, sind mit modernen Dateisystemen, wie z. B. NTFS, bis zu 128 Zeichen, die z. B. auch deutsche Umlaute einschließen können, erlaubt³⁸. Die in Abb. 55 dargestellten Analyseergebnisse liefern Hinweise, wie diese Freiheitsgrade der Benennung genutzt werden.

³⁸ Mathematisch betrachtet sind mit 8 Stellen und z. B. 37 unterschiedlichen Zeichen (Großbuchstaben A bis Z, Zahlen von 0 bis 9 und ein Bindestrich) reichlich Möglichkeiten gegeben, unterschiedliche Namen zu finden. In soweit ist eine Ausweitung hin zu langen Namen als Schritt in Richtung einer größeren Benutzerfreundlichkeit zu sehen, in dem nun ohne weitere Kodierungs- und Dekodierungsprozesse z. B. Autor und Titel von Dateien in deren Dateinamen untergebracht werden können.

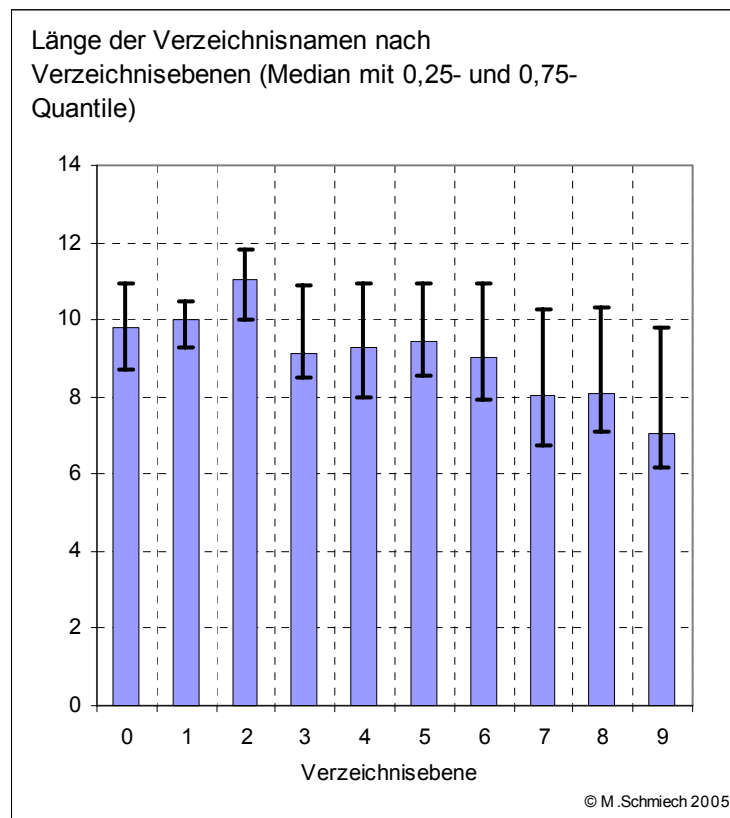


Abb. 55: Länge der Verzeichnisnamen nach Verzeichnisebenen

Es fällt zunächst auf, dass Verzeichnisse mit in der Regel unter 10 Zeichen langen Namen gemessen an den eben geschilderten Möglichkeiten sehr kurz benannt werden, wobei die Namenslänge zu höheren Verzeichnisebenen leicht abfällt. Zudem ist zu erkennen, dass die Streuung der für die einzelnen analysierten Systeme ermittelten Mittelwerte eher gering ausfällt und zu höheren Verzeichnisebenen etwas zunimmt, wobei die 0,75-Quantile in den meisten Fällen und ohne Unterschied nach Verzeichnisebenen um etwa 10,5 liegt. Für die bei den einzelnen analysierten Systemen berechneten arithmetischen Mittelwerte wurde jeweils auch die Standardabweichung kalkuliert. Diese zeigt eingedenk des starken Überzeichnens der Standardabweichung bei großen Abweichungen im Median über alle Ebenen hinweg mit 6,6 Zeichen einen recht geringen Wert. Ein Blick auf die für das Vergleichssystem ermittelten Werte zeigt zudem, dass diese etwa auf Höhe des über alle Systeme ermittelten Median liegen, mithin kein Unterschied von Verzeichnissen für das System bzw. für Anwendungsprogramme zu solchen für die Speicherung von im Zuge der Systemnutzung erstellten Dateien festzustellen ist. Zusammenfassend scheinen Längen von 8 bis 10 Zeichen für Verzeichnisnamen typisch - und Verzeichnisnamen mit mehr als 20 Zeichen eher Ausnahmen zu sein.

Eine weitere wichtige Gegebenheit wird sichtbar, wenn man annimmt, dass Unterverzeichnisse häufig zu einer weiteren Differenzierung der Dateien eines Verzeichnisses dienen. Da für Unterverzeichnisse mit steigender Verzeichnistiefe keine längeren Namen festgestellt werden konnten, erschließt sich die vollständige Ordnungsdimension eines Verzeichnisses der untersuchten verzeichnisbasierten Ordnungssysteme in der Regel erst unter Hinzuziehung des - bzw. der übergeordneten Verzeichnisse.

Abb. 51 folgend werden Metainformationen unterschiedlicher Dimensionen auch innerhalb des Dateinamens kodiert. Wie viele Zeichen die so entstehenden Dateinamen (ohne Erweiterung) im Ergebnis haben, kann Abb. 56 entnommen werden.

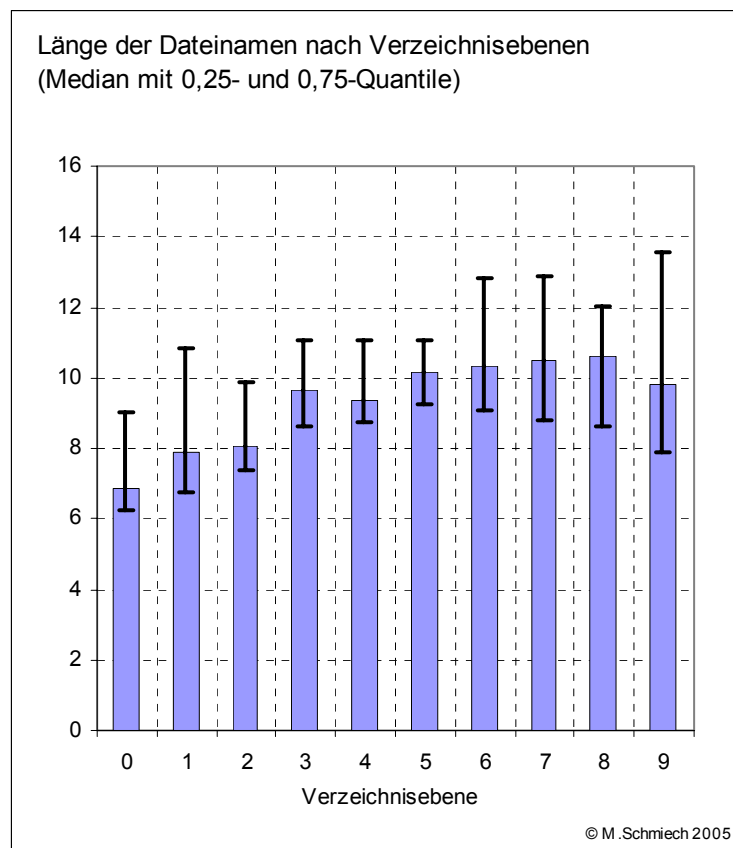


Abb. 56: Länge der Dateinamen nach Verzeichnisebenen

Auch hier zeigt sich, dass die Möglichkeit zur Gestaltung ausführlich beschreibender Namen nur in recht bescheidenem Umfang genutzt wird, denn über alle Ebenen hinweg liegt der Median der Mittelwerte der Einzelsysteme unterhalb von 10 Zeichen. Für die untersten drei Verzeichnisebenen liegt er kaum oberhalb von 8 Zeichen und nur geringfügig über den Werten, die für das Vergleichssystem ermittelt wurden. Hin zu den höheren Verzeichnisebenen liegt der Median zwischen 9 und 11 Zeichen und damit

deutlich über den Werten des Vergleichssystems, das im Mittel etwa 2 Zeichen darunter liegt. Für die Ebenen 6 bis 9 konnten bei immerhin 25 Prozent der Systeme Mittelwerte der Dateinamenslängen von etwa 13 Zeichen festgestellt werden (siehe Abb. 56). Die Standardabweichung der für die einzelnen Systeme berechneten arithmetischen Mittelwerte liegt im Median bei 6,4 Zeichen, 50 Prozent der Abweichungen liegen zwischen 5,0 und 8,1 Zeichen und 80 Prozent der Standardabweichungen liegen zwischen 4,5 und 9,3 Zeichen.

Scheinen sich die insgesamt ermittelten Namenslängen gegenüber dem Vergleichssystem auch hin zu größeren Werten zu verschieben, so erlaubt dies dennoch kaum Aussagen, welche typischen Namenslängen nun für z. B. selbst erstellte oder beruflich genutzte Daten-Dateien verwendet werden, da das Verhältnis von System-Dateien zu Daten-Dateien auf den einzelnen Systemen stark variiert. Aufschluss verschafft hier Abb. 57.

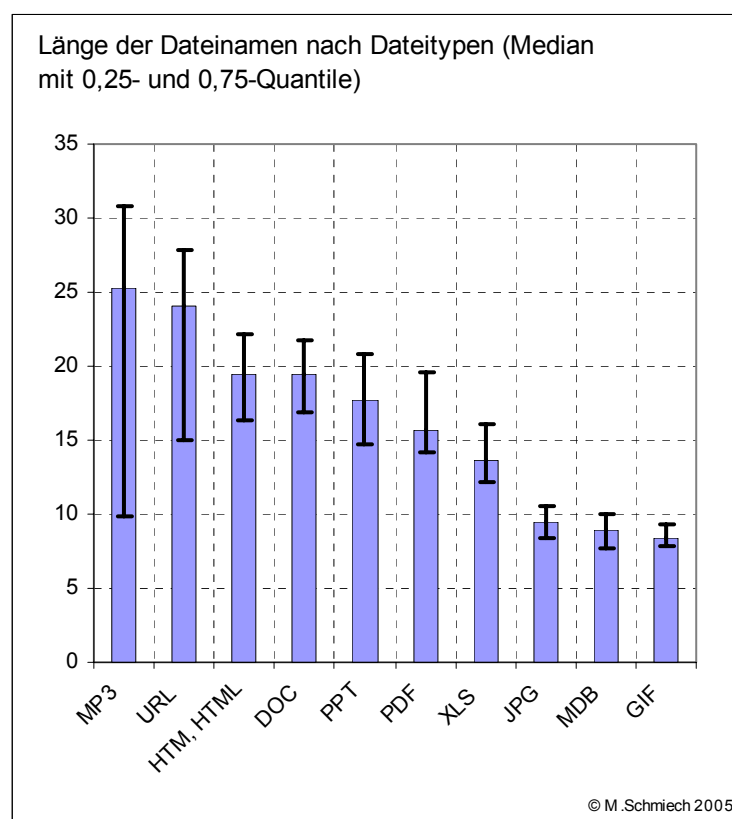


Abb. 57: Länge der Dateinamen nach Dateitypen

Zu erkennen ist, dass die Längen der Dateinamen bei ausgewählten Dateitypen doch deutlich über die zuvor diskutierten Werte hinausgehen. Mit im Median 25 Zeichen werden MP3-Dateien bezeichnet. Hier schlägt sich möglicherweise die auch aus Musik-

tauschbörsen bekannte Konvention nieder, Musikdateien mit einem Namen zu kennzeichnen, der Interpret und Titel des Liedes beinhaltet. Für die mit einem Median von ebenfalls fast 25 Zeichen im Namen ausgezeichneten URL-Dateien gilt, dass zumindest der Internet-Explorer als Dateinamen den Titel der mit einem Lesezeichen zu versehenen HTML-Seite oder wenn nicht verfügbar ggf. auch die URL des angezeigten Objektes vorschlägt. Hierfür können 25 Zeichen als eine typische Länge angesehen werden. Ähnliches gilt für auf dem lokalen System abgelegte HTML-Dateien, die per Vorgabe unter ihrem Dateinamen innerhalb der URL abgelegt werden.

Für Dateien der Typen DOC, PPT und PDF kann reklamiert werden, dass diese in den weit überwiegenden Fällen im Zuge von Benutzerinteraktionen mit Namen versehen werden. Für diese Dateien ergeben sich Werte zwischen 15 und 20 Zeichen. Sie sind damit mit einem annähernd doppelt so langen Namen versehen, wie ihn der Median aller Dateien ausweist. Für den Office-Dateityp XLS wurde mit einem Median von 13 Zeichen ein noch deutlich überdurchschnittliches Ergebnis ermittelt, während die ACCESS-Dateien (Dateinamenserweiterung MDB) mit durchschnittlich langen Namen versehen werden. Die nur durchschnittlich langen Namen der Bilddateien vom Typ GIF oder JPG können als weiteres Indiz dafür gewertet werden, dass die ermittelten großen Anzahlen dieser Dateien auf den analysierten Systemen (vgl. Tab. 4) im Zuge der Speicherung von Web-Seiten oder der Übertragung von Bildern digitaler Fotoapparate entstanden sein dürften und die nur durchschnittlich langen Dateinamen hier nicht als Ergebnis einer sehr sparsamen Namensvergabe durch den System-Benutzer zu werten sind.

Mit Blick auf die Forschungsfrage F 8 zu Umfang und Struktur verzeichnisbasierter Organisationssysteme digitaler Objekte können nachstehende zusammenfassende Aussagen getroffen werden. Die Untersuchung hat ergeben, dass für Lehrkräfte insgesamt zahlreiche Kriterien und Merkmale für die Organisation digitaler Objekte relevant sind. Zudem wurden in einer eher konservativen Abschätzung im Median wenigstens 5000 Objekte und bei 25 Prozent deutlich mehr als 25000 Objekte ermittelt, die es zu organisieren gilt. Als Ergebnis kann festgestellt werden, dass der Umfang der Verzeichnissysteme bzw. die Anzahl der vorzufindenden Verzeichnisse in sehr hohem Maße mit der Anzahl der zu organisierenden digitalen Objekte korreliert. Typisch finden sich etwa 10 Dateien pro Verzeichnis, in speziellen Einzelfällen liegt dieser Wert um Größenordnungen höher. Mit den einleitend angeführten Objekt-Zahlen ergeben sich im Median we-

nigstens 500 und bei wenigstens 25 Prozent über 2500 Verzeichnisse zur Organisation der eigenen Objekte. Dabei sind, sofern vorhanden, typisch zwischen zwei und vier Unterverzeichnisse je Verzeichnis zu zählen. Die vergebenen Verzeichnisnamen sind mit im Median unter 10 Zeichen recht kurz gestaltet und machen es wahrscheinlich, dass sich die Bedeutung von Verzeichnissen erst in der Kombination aus eigenem Namen wie dem durch die übergeordneten Mutterverzeichnisse gebildeten Kontext erschließen lässt. Die vergebenen Dateinamen sind im Schnitt mit einem Median von 9,5 Zeichen ähnlich kurz gehalten wie die Verzeichnisnamen und bieten kaum Raum, die vielfältigen relevanten Metainformationen in unkodierter Weise aufzunehmen. Für ausgewählte Dateitypen wie u.a. DOC und PDF lassen sich im Schnitt mehr als doppelt so lange Dateinamen finden.

Insgesamt zeigt sich, dass im Rahmen der Möglichkeiten üblicher Dateisysteme und zugeordneter Werkzeuge wie dem Explorer verzeichnisbasierte Organisationssysteme entstehen, die weniger Abbild einer übergeordneten Systematik, als vielmehr Ausdruck einer pragmatischen Kasuistik sind. Diese entspringt der Notwendigkeit, die Vielzahl der ggf. gewünschten Differenzierungen und Relationen in einem eindimensional-hierarchischen System abzubilden. Sie führt im Ergebnis zu einer mit der Anzahl der zu ordnenden Objekte wachsenden Komplexität der Ordnungsstruktur, in der Verzeichnisse für eine fallspezifische Kombination unterschiedlicher Ordnungsdimensionen stehen und im Kontext der eingesetzten Arbeitsmittel gleichzeitig als Ablageort und Sicht auf Objekte fungieren. Dies führt spätestens in der Situation, in der bestimmte Objekte in unterschiedlichen Kontexten relevant sind, zu Problemen. Nur unzureichende Abhilfe schaffen hier derzeit das Anfertigen von Kopien oder das Anlegen von Verknüpfungen.

Abschließend soll die bereits in Unterkapitel 4.5 thematisierte Forschungsfrage F 5 nochmals aufgegriffen werden, und zwar inwieweit zur Organisation digitaler Objekte im Prinzip gleiche Ordnungssysteme und Verfahrensweisen wie im Umgang mit nicht digitalen Informations-Objekten angewandt werden. Die hohe Anzahl von Verzeichnissen, deren tiefe Staffelung auf nicht selten bis zu 9 Ebenen und deren geringe Besiedlung mit Dateien führt in der Regel zu Ordnungssystemen, die sich in Struktur, Differenziertheit und Komplexität aller Erfahrung nach deutlich von solchen unterscheiden, die mit realen Ordnern, Hefern usw. aufgebauten sind. Hierin könnte auch der Grund für den hohen Anteil abgeschwächter Zustimmung hinsichtlich einer Übereinstimmung

von Systemen der Organisation digitaler Objekte im Vergleich zu solchen für *Papiermedien* liegen (vgl. Abb. 48).

4.5.4 Problembereiche bei der Organisation digitaler Objekte

Die bereits vorliegenden Ergebnisse machen deutlich, dass verzeichnisbasierte Organisationssysteme in der Regel zu sehr komplexen, mit der Anzahl der zu ordnenden Objekte wachsenden und an Einzelfällen orientierten Ordnungsstrukturen führen. Diese sind aus übergeordneter Perspektive und mit Blick auf das Bestreben, zur Verbesserung der Kooperation gewisse Vereinheitlichungen in der Organisation digitaler Objekte vorzunehmen, unzureichend. Inwieweit diese Strukturierungen auch von den Akteuren als unzureichend und defizitär gesehen werden, wird im Folgenden geklärt. Hierzu wurde im Rahmen der schriftlichen Erhebung der Schwierigkeitsgrad typischer Aufgaben der Dateioorganisation erfragt. Die Formulierung der Fragestellung wurde so gewählt, dass die Schwierigkeit von Aufgaben und nicht persönliche Probleme in der Bewältigung von Aufgaben zu bestimmen waren (siehe Abb. 58). Obwohl sich zur Einordnung eines Schwierigkeitsgrades durchaus auch eine Intervallskala angeboten hätte, wurde aus Gründen der Einheitlichkeit und Übersichtlichkeit mit der auch bei den meisten anderen Fragen verwandten vierstufigen Ordinalskala (*ja, eher ja, eher nein, nein*) operiert. Diese lässt sich unter Annahme äquidistanter Ordinalkategorien in eine Intervallskala transformieren ($0, 1/3, 2/3, 1$), wenn man z. B. ein *eher nein* in der Art von *Es gibt zwar gewisse Schwierigkeiten, insgesamt ist es aber überwiegend nicht schwierig* auslegt. Dieser Überlegung folgend orientiert sich die Reihenfolge der in der Grafik dargestellten Positionen am Anteil der Kategorie *nein*, die dann für *Es gibt keine Schwierigkeiten* steht.

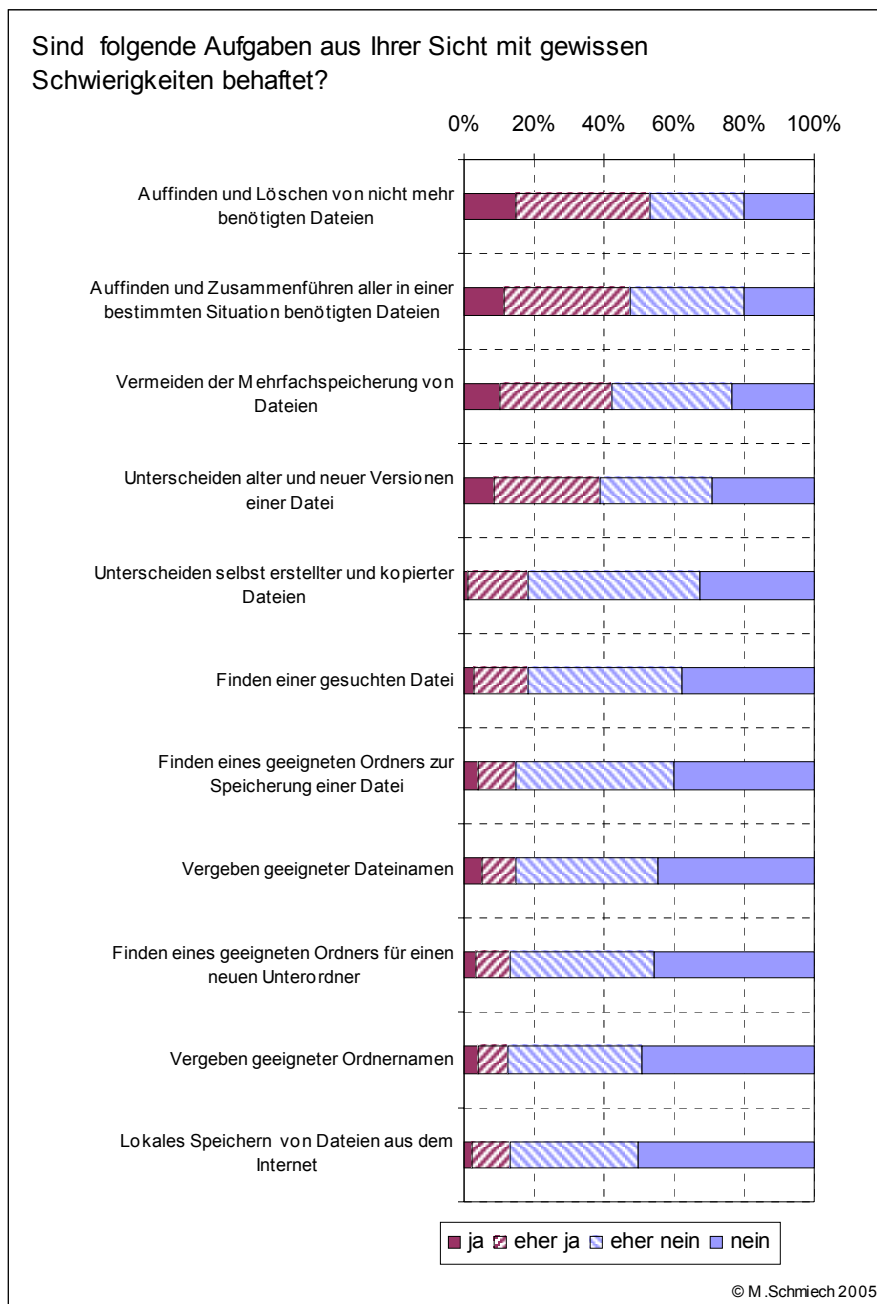


Abb. 58: Schwierigkeit typischer Aufgaben der Dateiorganisation

Die größten Schwierigkeiten bereitet das Auffinden und Löschen nicht mehr benötigter Dateien. Hier stimmen immerhin mehr als 50 Prozent der Befragten mehr oder weniger zu, während auf der anderen Seite nur 20 Prozent der Befragten gar keine Schwierigkeiten sehen. Dies ist nachvollziehbar, wenn man sich einmal vorstellt, es soll ein System aus z. B. 1000 Verzeichnissen im Nachgang auf nicht mehr benötigte Dateien durchsucht werden. Dazu wären 1000 Verzeichnisse im Einzelnen in den Blick zu nehmen, die dann typisch je 10 Dateien gruppieren, welche ggf. zunächst auch noch zu öffnen wären, um den jeweiligen Status zu bestimmen.

Das Auffinden und Zusammenführen aller in einer Situation benötigten Dateien bereitet fast 50 Prozent der Befragten eher Schwierigkeiten, während dies für 20 Prozent der Befragten ohne Schwierigkeiten zu bewerkstelligen ist. Betrachtet man diese Aufgabe isoliert und auf den Moment beschränkt, so scheint sie durchaus einfach zu bewerkstelligen zu sein. Man legt sich ein neues Verzeichnis an und kopiert alle benötigten Dateien dort hinein. Betrachtet man diese Aufgabe jedoch unter der Maßgabe, zur Vorbeugung gegen Inkonsistenzen auf Doppelungen von Dateien zu verzichten, so ist das methodische Repertoire durchaus eingeschränkt. Es könnten in einem Verzeichnis Verknüpfungen zu den an anderer Stelle gespeicherten Dateien angelegt werden. Diese vertreten die eigentlichen Dateien allerdings nur unzureichend. Probleme sind gegeben, wenn z. B. die Ursprungsdateien umbenannt oder verschoben werden. Auch lassen sich die Ursprungsdateien nicht über die Verknüpfungen kopieren. Im Übrigen wurde bereits festgestellt, dass Verknüpfungen kaum Verwendung finden (vgl. Unterkapitel 4.4).

Im Zusammenhang hiermit zu sehen und mit ähnlichen Ergebnissen belegt sind das Vermeiden der Mehrfachspeicherung wie das Unterscheiden alter und neuer Versionen von Dateien. Für beide Aufgaben gilt, dass etwas über 40 Prozent der Befragten sie für überwiegend schwierig halten, während im Schnitt weniger als 30 Prozent diese Aufgaben ohne Schwierigkeiten sehen. Das Vermeiden der Mehrfachspeicherung von Dateien korrespondiert eng mit der Problematik, die in einer bestimmten Situation benötigten Dateien in geeigneter Weise zusammenzuführen. Und lässt sich das mehrfache Speichern einer Datei in unterschiedlichen Verzeichnissen nicht umgehen, so ergibt sich in der Folge dann häufig die Frage, welche der mehr oder weniger gleichartigen Dateien den letzten Bearbeitungsstand beinhaltet oder ob die Fortschreibung einer Datei sich ggf. sogar auf mehrere unterschiedliche Versionen verteilt.

Für alle verbleibenden Aufgaben gilt, dass der Anteil der Lehrkräfte, die hier überwiegend Schwierigkeiten vermelden, unter 20 Prozent liegt. Gleichzeitig scheinen diese jeweils isoliert und ohne weitere Maßgaben betrachteten Aufgaben aber nur für etwa 30 Prozent bis 50 Prozent der Befragten völlig ohne Schwierigkeiten zu sein. Im Einzelnen bereitet das Vergeben geeigneter Datei- und Ordnernamen überwiegend geringe Schwierigkeiten, bewegt sich aber den weiter oben dargelegten Ergebnissen folgend im Bereich von Namen mit typisch 10 Zeichen. Auch das Finden geeigneter Verzeichnisse zur Ablage von Dateien oder auch zum Anlegen von Unterverzeichnissen wird überwiegend als nur mit geringen Schwierigkeiten behaftet gesehen. Unter Einbeziehung der

Ergebnisse zu Struktur und Ausmaß verzeichnisbasierter Ordnungssysteme könnte man geneigt sein, darin folgende Handlungsmaxime zu sehen: *Findet sich nicht auf Anhieb ein geeigneter Ort zur Ablage einer Datei, so wird kurzerhand ein neues Verzeichnis hierfür angelegt.* Schließlich bereiten auch das Unterscheiden selbst erstellter und von Anderen kopierter Dateien wie das lokale Speichern von Dateien aus dem Internet den wenigsten Befragten größere Schwierigkeiten.

Die nicht nennenswerte Zahl von Einträgen zu weiteren mit Schwierigkeiten behafteten Aufgaben im nicht standardisierten Textfeld des Befragungsformulars lassen den Schluss zu, dass mit den gegebenen Kategorien die wesentlichen Schwierigkeitsbereiche erfasst wurden.

Hinsichtlich der Forschungsfrage F 7 ist zu klären, ob es einen Zusammenhang zwischen den geäußerten Schwierigkeiten der Organisation digitaler Objekte wie der Anzahl der zu organisierenden Objekte gibt. Idealtypisch wäre zur Klärung dieser Frage eine Verknüpfung der Ergebnisse des Programmes *DirStat* mit den eben dargestellten Befragungsergebnissen zu wahrgenommenen Schwierigkeiten vorzunehmen. Hierfür ist die Anzahl der quantitativ analysierten Rechnersysteme, die sich mittels identischer Alias-Namen eindeutig mit Befragungsergebnissen verknüpfen lassen, jedoch zu klein. Zudem ist auch eine für den Einzelfall zutreffende Aussage dazu, welche der gefundenen Objekte im Kontext der Berufsarbeit aktiv organisiert werden, nicht möglich.

Mit der im Rahmen der Befragung erfassten wöchentlichen Nutzungsdauer von IKT-Systemen ist jedoch eine Größe verfügbar, die nach allem Ermessen in engem Zusammenhang mit der Anzahl digitaler Objekte stehen dürfte. Abb. 59 zeigt den Schwierigkeitsgrad in der verzeichnisbasierten Organisation von Dateien in Abhängigkeit von der angegebenen wöchentlichen Nutzungsdauer. Zur Berechnung des in der Abbildung angegebenen Schwierigkeitsgrades wurde die weiter oben beschriebene Transformation der Ordinalskala in eine Intervallskala vorgenommen. Für jede rückmeldende Person wurde ein arithmetischer Mittelwert der Schwierigkeitsgrade der einzelnen Aufgaben berechnet. Das arithmetische Mittel dieser Werte ist in Abb. 59 nach wöchentlicher Nutzungsdauer differenziert dargestellt.

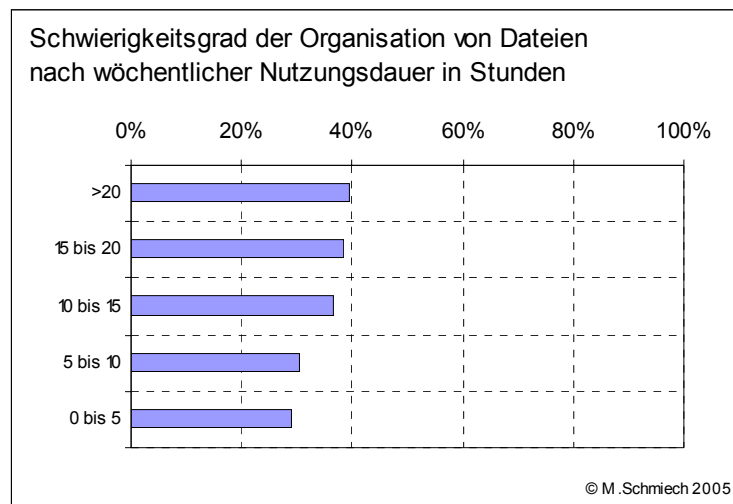


Abb. 59: Schwierigkeitsgrad der Dateiorganisation nach wöchentlicher Nutzungsdauer

Die Abbildung zeigt deutlich, dass der von den Befragten angegebene Schwierigkeitsgrad in der Organisation von Dateien in hohem Maße mit der wöchentlichen Nutzungsdauer von IKT-Systemen korreliert. PEARSONS Produkt-Moment-Korrelation erreicht hier einen Wert von $r=0,96$. Konkret bedeutet dies, dass die Organisation von Dateien mit wachsender Nutzungsdauer von IKT-Systemen zunehmend Schwierigkeiten bereitet. Unterstellt man einmal, dass mit einer steigenden regelmäßigen Nutzungsdauer von IKT-Systemen auch diesbezüglich ein gewisser Erfahrungs- und Kompetenzerwerb in der Anwendung der zur Dateiorganisation eingesetzten Werkzeuge und Verfahren einher geht, so scheint dieser zumindest nicht dazu zu führen, dass die Organisation von Dateien dadurch besser bewerkstelligt werden kann (vgl. Abb. 60). PEARSONS r erreicht für den Zusammenhang von IT-Kompetenz und Schwierigkeitsgrad der Dateiorganisation einen Wert von $r=0,98$.

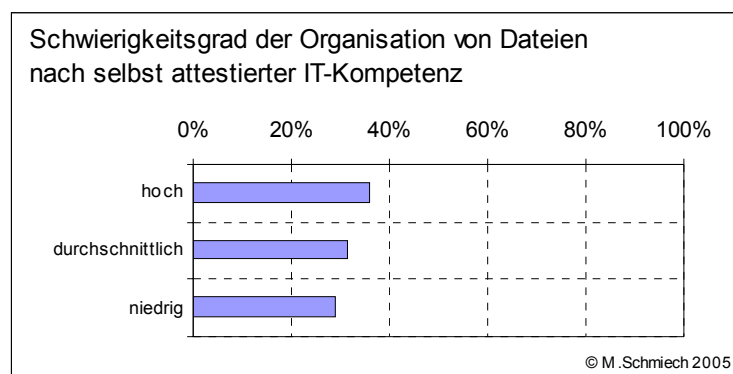


Abb. 60: Schwierigkeitsgrad der Dateiorganisation nach IT-Kompetenz

Anders formuliert erscheint also eine mit *Bordmitteln* üblicher Betriebssysteme realisierte verzeichnisbasierte Organisation von Dateien mit einer wachsenden Nutzungsdauer und einer damit einhergehenden wachsenden Anzahl zu organisierender digitaler Objekte zunehmend problematisch. Dem gelegentlichen Nutzer von IKT-Systemen bleiben gewisse Probleme ggf. auch dadurch verborgen, dass der Bestand an Dateien wie die Zahl unterschiedlicher Anwendungskontexte, in der eine betrachtete Datei relevant ist, noch relativ begrenzt sind. Konkret ist der von Befragten mit einer wöchentlichen Nutzungsdauer von über 20 Stunden vermeldete Schwierigkeitsgrad im Vergleich zu dem von gelegentlichen Nutzern mit weniger als 5 Stunden vermeldeten Wert um ein Drittel höher.

In Bezug auf die Forschungsfrage F 7 ist zusammenfassend festzustellen, dass bestimmte Aufgaben im Kontext der Organisation digitaler Objekte von etwa der Hälfte der Befragten als überwiegend mit Schwierigkeiten behaftet eingestuft werden. Dies sind das Zusammenführen aller in einer Situation benötigten Dateien, das Vermeiden der Mehrfachspeicherung - und das Unterscheiden unterschiedlicher Versionen von Dateien wie schließlich das Beseitigen nicht mehr benötigter Dateien. Das Ablegen und Finden von Dateien und das Anlegen von Verzeichnissen wie die Namensvergabe bei Dateien und Verzeichnissen werden von rund 80 Prozent der Befragten als überwiegend nicht mit Schwierigkeiten behaftet eingeschätzt. Der Schwierigkeitsgrad der Organisation digitaler Objekte steigt mit einer wachsenden Nutzungsdauer von IKT-Systemen wie einer damit in der Regel verbundenen steigenden Anzahl zu organisierender digitaler Objekte signifikant an.

4.5.5 Relevante Dimensionen der Organisation

Mit Blick auf Kapitel 5 dieser Arbeit, das sich mit Fragen der Gestaltung geeigneter Organisations- und Ordnungssysteme für digitale Objekte im Kontext der Arbeit von Lehrkräften befasst, ist zu klären, welche Ordnungsdimensionen ein ideales Ordnungssystem aus Sicht von Lehrkräften zu berücksichtigen hätte (vgl. Forschungsfrage F 9). Erste Anhaltspunkte hierzu finden sich in Abschnitt 4.5.2, in dem es um die bei dem Anlegen von Verzeichnissen wie bei dem Vergeben von Dateinamen berücksichtigten Ordnungsdimensionen geht. Im allgemeinen sind dies Bezüge zu Themenbereichen und deren Unterthemen, zu Projekten, Prozessen, Vorgängen wie Teilen und Phasen dieser, zu Versionen, zu Personen (Autoren, Adressaten) wie zu spezifischen Arten von Inhal-

ten. Eine analog zu den dort möglichen Nennungen gestaltete Abfrage allgemeiner Kategorien, die ein ideales Ordnungssystem für Dateien bieten sollte, lieferte annähernd gleiche Ergebnisse.

Neben allgemein gehaltenen Ordnungsdimensionen wurde auch nach didaktisch relevanten Kriterien bzw. Ordnungsdimensionen gefragt, die ein aus beruflicher Sicht ideales Ordnungssystem berücksichtigen sollte. Diese können letztlich als spezifisch didaktische Implementationen der zuvor verwendeten allgemeinen Kategorien aufgefasst werden. Abb. 61 zeigt die Ergebnisse dieser Befragung.

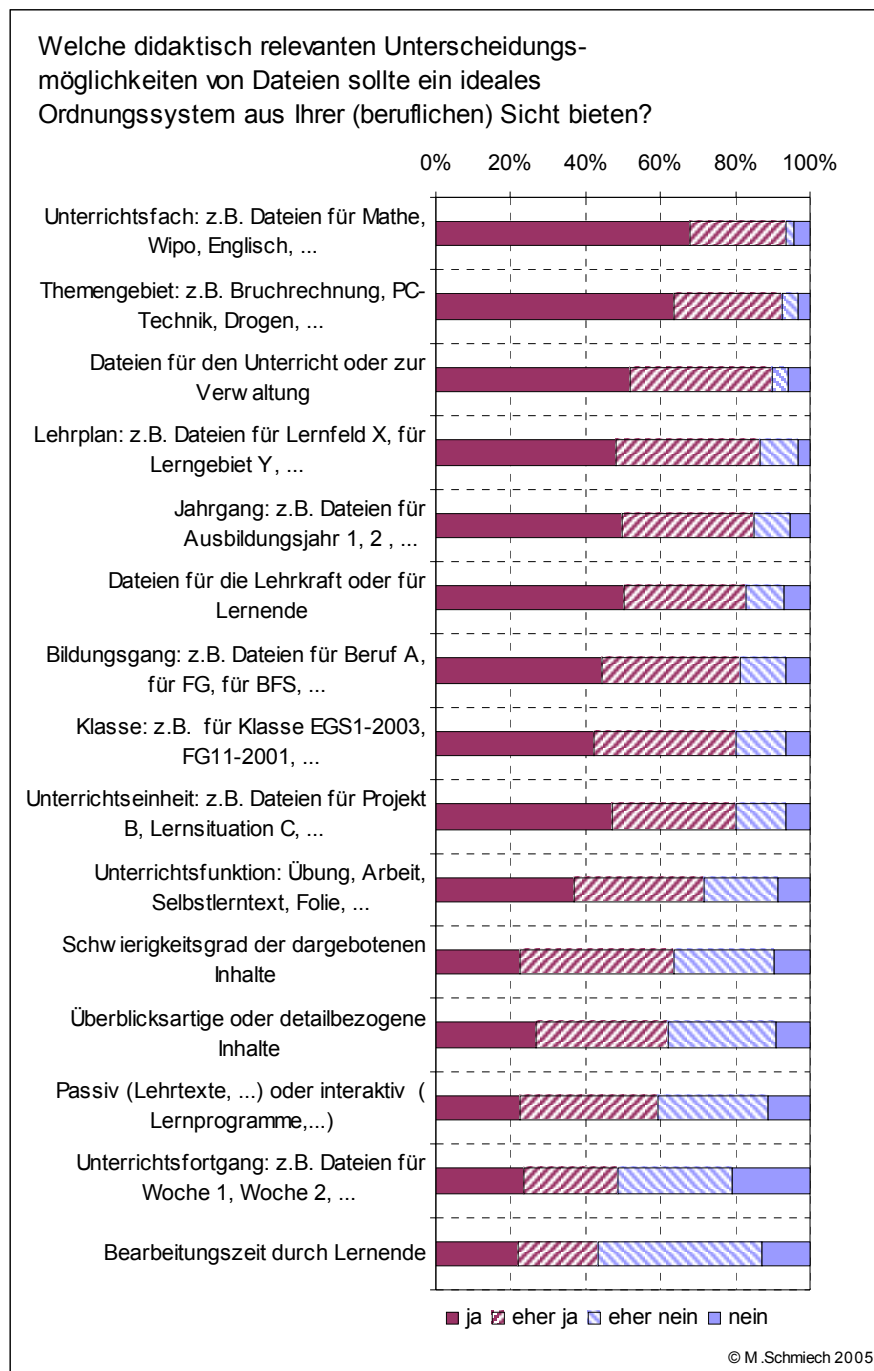


Abb. 61: Didaktisch orientierte Ordnungsdimensionen

Augenfällig ist hier, dass in der Arbeit von Lehrkräften eine Vielzahl unterschiedlicher Ordnungsdimensionen und Ordnungsmerkmale zur Organisation von Objekten von Bedeutung sind. Der Mehrheit der Rückmeldungen folgend sollte ein ideales Ordnungssysteme 13 der 15 angebotenen Differenzierungen berücksichtigen, wobei allein 9 der 15 Differenzierungen von wenigstens 80 Prozent bis über 90 Prozent der Befragten für relevant gehalten werden. Die mit einer besonders hohen Zustimmung versehenen Differenzierungen können als Abbild des funktional wie strukturell in unterschiedlichen

Dimensionen mehrfach gegliederten Systems Schule und darin verorteter Handlungskontexte der Arbeit von Lehrkräften gesehen werde. So lässt sich die AvL in eher der Schulverwaltung dienende Handlungen wie solche, die einen unmittelbaren Bezug zu Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung von Lehr-/Lernarrangements haben, gliedern. Zudem findet die Arbeit in unterschiedlichen Schulformen und Bildungsgängen bzw. Berufen und ggf. Unterrichtsfächern mit im Allgemeinen unterschiedlichen curriculare Vorgaben und durch diese gebündelte Themengebiete statt. In zyklisch wiederkehrender Weise entstehen Klassenverbände, die dann nach Jahrgängen geordnet die jeweiligen Bildungsangebote durchlaufen usw. und für die Lehrkräfte geeignete Unterrichtseinheiten, Projekte, Lernsituationen oder Lernaufgaben zu gestalten haben. Mit Blick auf zu- bzw. einzuordnende digitale Objekte ist hierbei zu beachten, dass vielfältige Bezüge existieren. Ein Objekt ist ggf. einem Themengebiet, mehreren Bildungsgängen wie verschiedenen Unterrichtsprojekten und Klassen zugeordnet. Auch kann für jede der genannten Unterscheidungen zudem noch differenziert werden, ob eine Datei für die Lehrkraft oder für die Lernenden gedacht ist.

Im Vergleich zu den eben genannten eher curricular wie schulorganisatorisch orientierten Differenzierungen sind eher didaktisch-methodisch relevante objekt-bezogene Differenzierungen, wie sie zum Teil auch im LOM-Standard zu finden sind, mit etwas geringerer Zustimmung versehen. Die Funktion der Datei im Lehr-Lernkontext (Selbstlernertext, Klassenarbeit, Übungsaufgaben usw.) wie insbesondere für Selbstlernmaterialien relevante Merkmale (der Schwierigkeitsgrad der dargebotenen Inhalte, deren eher überblicksartige oder detailbezogene Perspektive wie auch der Grad an Interaktivität) erhalten mit etwa 60 Prozent bis 70 Prozent eine überwiegend bejahende Einschätzung. Dagegen finden Merkmale wie die durchschnittliche Bearbeitungszeit durch Lernende wie auch die Einordnung in einem fest gefügten Unterrichtsfortgang mit nur etwas über 40 Prozent die geringste Befürwortung.

Abschließend ist anzumerken, dass die jeweilige Zustimmung nur zu einem Anteil von ein Halb bis zwei Drittel ungeteilt erfolgte. Des Weiteren gilt, dass die Möglichkeit der Nennung weiterer Ordnungskategorien nur in zwei Einzelfällen und hier mit Nennungen, die den schon angeführten Kategorien zugeordnet werden konnten, erfolgte. So wurde auch eine im Rahmen der vorgegebenen Nominalkategorien nicht explizit angeführte Verortung digitaler Objekte (für Lernende) im Rahmen von Lernzieltaxonomien oder Kompetenzdimensionen nicht ergänzend angeführt. Zusammenfassend und mit

Blick auf die Forschungsfrage F 9 ist festzustellen, dass eine optimale Organisation digitaler Objekte ein Vielzahl in unterschiedlicher Weise miteinander verwobener semantischer Dimensionen zu berücksichtigen hat. Diese ergeben sich im Besonderen aus der Vielzahl unterschiedlicher Kontexte der Arbeit von Lehrkräften, in denen digitale Objekte bedeutsam sind.

4.6 Netzbasierte Kooperation von Lehrkräften

Die Verfügbarkeit eines breiten Fundus digitaler Objekte zur Unterstützung der Arbeit von Lehrkräften ist eine durchweg positiv besetzte Zielstellung, die insbesondere auch im Zuge einer fortschreitenden Nutzung digitaler Objekte zur Unterstützung flexibler und selbst gesteuerter Lernprozesse an Bedeutung gewinnt. Mit den heute verfügbaren Kommunikationsnetzen ist einer verstärkten netzbasierten Zusammenarbeit von Lehrkräften zur gegenseitigen Nutzung arbeitsrelevanter digitaler Objekte zumindest in technischer Hinsicht ein großer Teil des Weges geebnet. Eine in Grundzügen abgestimmte Organisation digitaler Objekte wäre ein weiterer wichtiger Schritt hin zu einer verbesserten Kooperation. Nicht zuletzt aber gilt es, Lehrkräfte zu einer verstärkten Teilnahme zu bewegen, wobei einer bedarfsorientierten Ausgestaltung derartiger besetzter Vorhaben eine Schlüsselfunktion zukommt. Die nachfolgenden Ausführungen liefern hierzu Anhaltspunkte. Der entsprechende Fragenkomplex des Erhebungsbogens wurde mit folgender Erläuterung eingeleitet: *„Das Internet ermöglicht eine Zusammenarbeit von Lehrkräften in der gegenseitigen Nutzung von Dateien mit Medien bzw. Materialien für ihre Arbeit (Lehr- und Lernmedien, Projektkonzepte, E-Learning-Einheiten, ...), die z. B. in einen Pool eingespeist werden könnten.“*

4.6.1 Bedarf und Bereitschaft

Zunächst wurde der Stand der Kooperation erfragt, ohne hier explizit digitale Objekte anzusprechen (siehe Abb. 62).

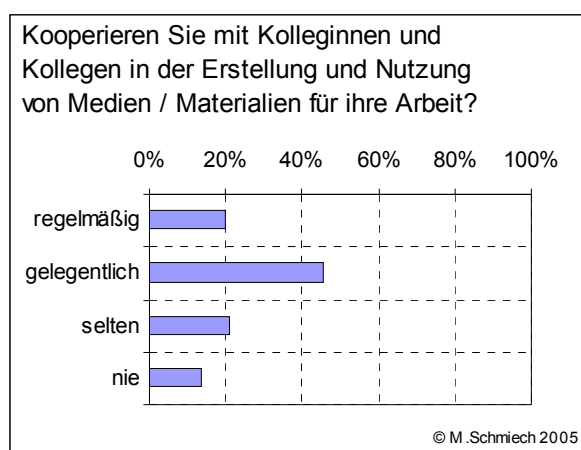


Abb. 62: Stand der Kooperation bei Informations-Objekten

Es zeigt sich hier deutlich, dass eine verbreitete Kultur der Kooperation im Bereich der Materialien und Medien noch nicht vorzufinden ist. Weniger als 20 Prozent der Befragten kooperieren in dieser Hinsicht regelmäßig, während etwa ein Drittel angibt, selten oder nie zu kooperieren. Bei etwa 45 Prozent der Befragten findet eine gelegentliche Kooperation statt. Eine positive Veränderung dieser Verhältnisse setzt voraus, dass die Betroffenen dem einführend benannten Entwicklungsziel zumindest positiv gegenüberstehen. In dieser Hinsicht liefert die Befragung einen klaren Trend (siehe Abb. 63).

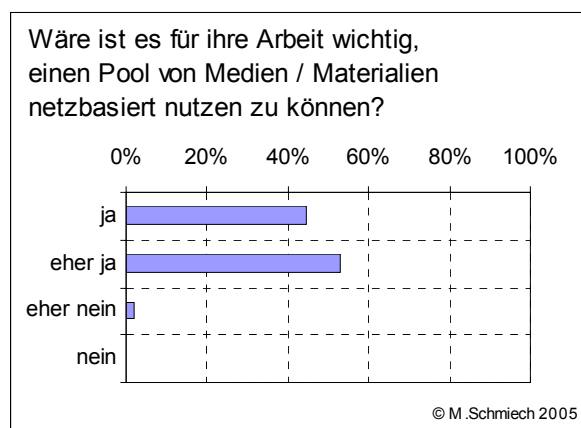


Abb. 63: Bedeutung der Verfügbarkeit eines Pools digitaler Objekte

Über 97 Prozent der Befragten bejahen, dass ein netzbasiert verfügbarer Pool von Medien bzw. Materialien für die Arbeit als Lehrkraft wichtig ist. Allerdings ist auch festzustellen, dass über 50 Prozent der Befragten sich nur eingeschränkt positiv geäußert haben. Möglicherweise spiegelt sich hier die aktuelle Bildungspraxis wieder, die im Großen und Ganzen auch ohne derartige Dienste auszukommen weiß. Eine andere Erklärung liefern die in Abb. 64 dargestellten Ergebnisse.

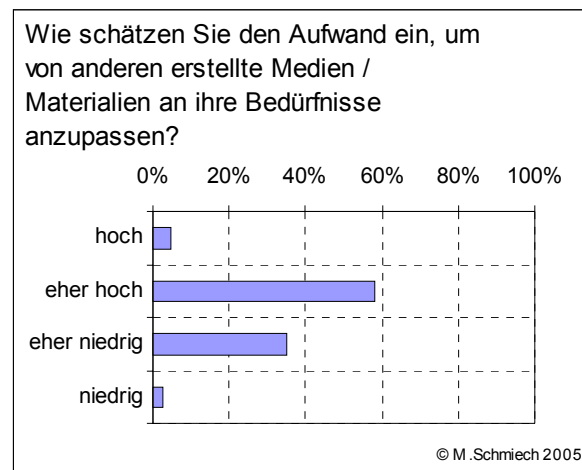


Abb. 64: Anpassungsaufwand zur Nutzung fremd erstellter digitaler Objekte

Hier zeigt sich, dass eine Mehrheit von fast 60 Prozent der Befragten den Aufwand, von Anderen erstellte Medien auf die eigenen Bedürfnisse anzupassen, als eher hoch einschätzt, während mit fast 40 Prozent ein deutlicher geringerer Anteil diesen Aufwand für eher niedrig hält.

Ein Nachdenken über die Anpassungsfähigkeit fremd erstellter Materialien und Medien setzt voraus, dass diese existieren. Eine breit angelegte Auswahl von auf die spezifischen Bedürfnisse von Lehrkräften an beruflichen Schulen zugeschnittenen Materialien und Medien lässt sich insbesondere dadurch entwickeln, dass eine möglichst große Zahl von Lehrkräften solche Anderen verfügbar macht. Die Abb. 65 gibt über eine derartige Bereitschaft Aufschluss.

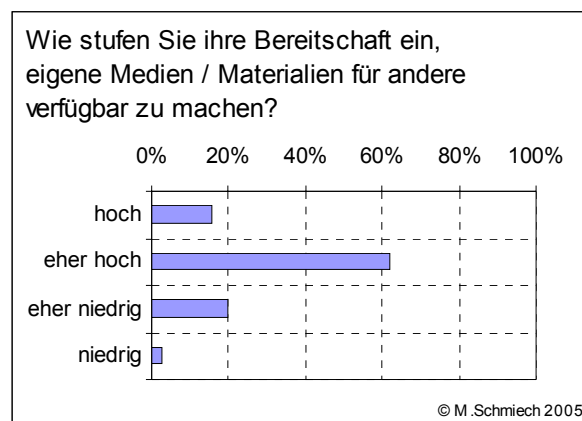


Abb. 65: Bereitschaft zur Verfügbarmachung selbst erstellter digitaler Objekte

Es zeigt sich, dass eine deutliche Mehrheit von über 75 Prozent sich selbst eine hohe oder eher hohe Bereitschaft zur Bereitstellung selbst erstellter Objekte attestiert, wobei

der Anteil der etwas eingeschränkten Zustimmung mit über 60 Prozent deutlich überwiegt und auf gewisse Vorbehalte schließen lässt.

Die Wiederverwendbarkeit von Medien und Materialien lässt sich steigern, indem bei der Erstellung gewisse Regeln und Verfahrensweisen (z. B. bezüglich der zur Speicherung und Darstellung zu verwendenden Formate) eingehalten werden und die Objekte in einer mehr oder weniger verbindlichen Weise organisiert werden, um ein zielgerichtetes Auffinden zu erleichtern. Für die Ersteller ist dies zunächst mit einem Mehraufwand verbunden, der sich allerdings im Zuge der verbesserten Nutzung anderer Materialien relativieren und auch ins Gegenteil wenden kann. Abb. 66 gibt Auskunft, wie es um die Bereitschaft zur Leistung eines *geringen* Mehraufwandes bestellt ist.

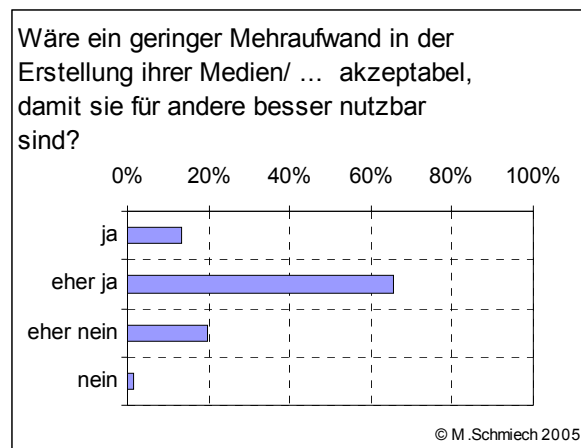


Abb. 66: Akzeptanz eines geringen Erstellungsmehraufwandes

Zu erkennen ist, dass die Bereitschaft, auch einen geringen Mehraufwand in der Erstellung von Medien bzw. Materialien zu leisten, mit einer Zustimmung von etwa 80 Prozent deutlich ausgeprägt ist, wenngleich hier wiederum insgesamt über 60 Prozent nur eingeschränkt zustimmen. Der Anteil der absolut Ablehnenden liegt unter 3 Prozent, weniger als 20 Prozent der Befragten verneinen abgeschwächt.

Die Teilhabe an einem durch gewisse Verfahrensweisen und Regeln geprägten System zum gegenseitigen Nutzen von Medien und Materialien setzt voraus, dass diese zunächst erlernt werden müssen. Zur Bereitschaft, einen gewissen Zeitaufwand in diesem Sinne zu verwenden, liefert Abb. 67 Informationen.

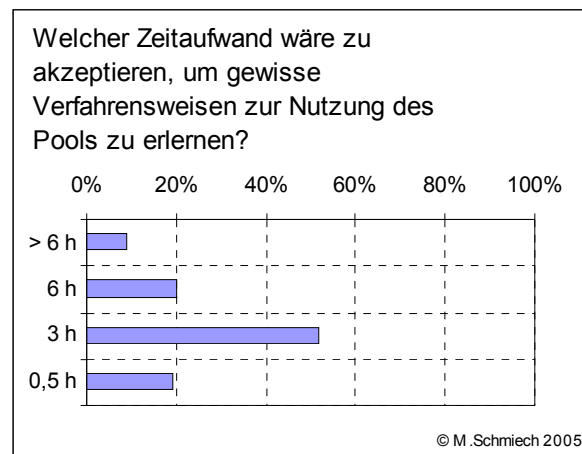


Abb. 67: Akzeptanz von Einarbeitungsaufwand

Konkret zeigt sich, dass die Mehrheit von fast 50 Prozent einen Zeitaufwand von 3 Stunden für akzeptabel hält. Nur etwas mehr als 20 Prozent würden 6 Stunden akzeptieren, gleichzeitig halten ebenfalls fast 20 Prozent gerade mal eine halbe Stunde für akzeptabel. Weniger als 10 Prozent der Befragten halten einen Zeitaufwand von mehr als 6 Stunden für akzeptabel.

4.6.2 Aspekte der konkreten Ausgestaltung

Wendet man sich nun Fragen der konkreten Ausgestaltung der Kooperation zu, so steht die Frage nach einem anonymen oder personalisierten Zugriff auf einen gemeinsamen Pool mit Medien und Materialien an. Beide Ansätze haben ihre spezifischen Vorzüge. So lassen sich mit Hilfe personalisierter Zugriffsmechanismen z. B. geschlossene Kooperationsgemeinschaften etablieren, die sich besser steuern und reglementieren lassen. Auf Anonymität basierende oder mit Pseudonymen operierende Ansätze bedürfen möglicherweise eines geringeren Administrationsaufwandes und sind durch eine geringere Schwelle zur Gewinnung neuer Teilnehmer wie neuer Medien und Materialien durch Einspeisung auch weniger elaborierter Beiträge gekennzeichnet. In Analogie zu diesen wechselseitigen Vorzügen zeigen sich auch bei den Befragten geteilte Einschätzungen (Abb. 68).

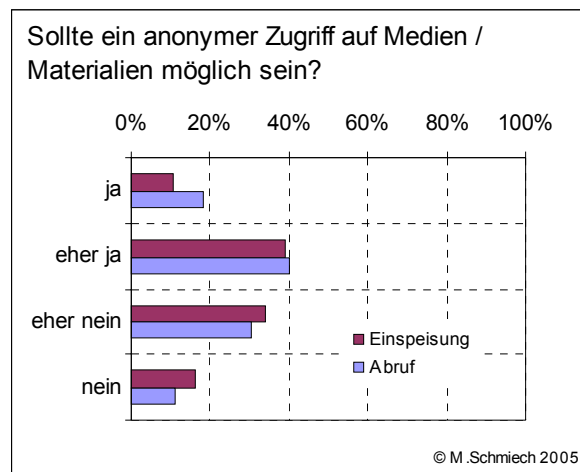


Abb. 68: Anonymer Zugriff auf digitale Objekte

Verbunden mit einem personalisierten Zugang sind auch Fragen des Urheberrechts zu sehen. Ohne die komplizierte Thematik hier vertiefend zu behandeln, sei darauf hingewiesen, dass neben der Wahrung persönlicher Rechte hier ggf. auch der Aspekt der Vermeidung einer missbräuchlichen Nutzung verfügbar gemachter Inhalte durch Dritte eine Rolle spielt, dem mit Ansätzen wie der *Open Content Lizenz* wirksam Einhalt geboten werden kann.

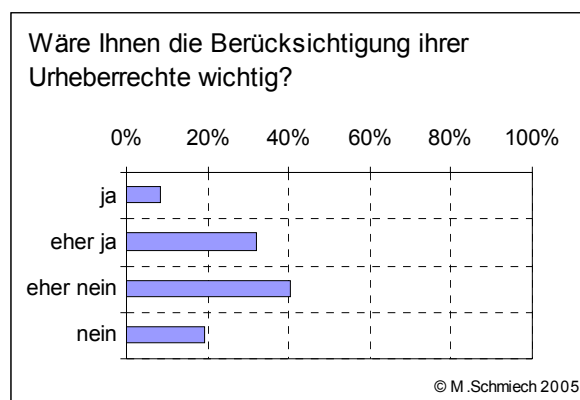


Abb. 69: Berücksichtigung von Urheberrechten

Auf die in letztgenannter Hinsicht nicht differenzierte Frage, ob die Berücksichtigung der eigenen Urheberrechte wichtig wäre, ergibt sich wiederum ein geteiltes Bild. Einem Anteil von insgesamt etwa 40 Prozent tendenziell Zustimmenden steht ein Anteil von 60 Prozent der Befragten gegenüber, denen eine Berücksichtigung von Urheberrechten nicht oder eher nicht wichtig ist. Auch bei dieser Frage ist wiederum festzustellen, dass mit insgesamt etwa 70 Prozent der Anteil derer groß ist, die nur abgeschwächt zustimmen bzw. ablehnen.

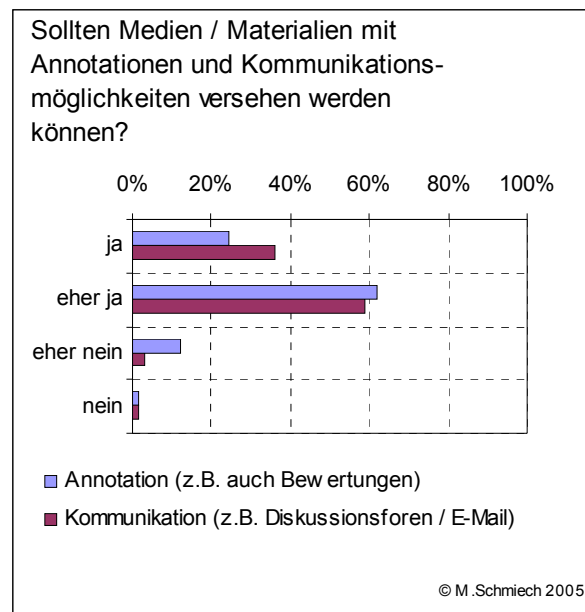


Abb. 70: Objekt-bezogene Annotation und Kommunikation

Ein recht eindeutiges Meinungsbild ergibt sich bei der Frage, ob verfügbar gemachte Objekte mit Möglichkeiten der objekt-bezogenen Annotation und Kommunikation versehen werden sollten (vgl. Abb. 70). Die Zustimmung ist mit einem Anteil von über 95 Prozent für die Kommunikation wie über 80 Prozent für Annotationen groß. Das etwas schwächere Ergebnis für Annotationen mag darauf zurückzuführen sein, dass in der Frage als Beispiel das Anbringen von *Bewertungen* genannt wurde.

4.6.3 Personenkreis und organisatorisch-administrative Verankerung

Ein ähnlich eindeutiges Meinungsbild ergibt sich bei der Frage nach der Einbindung weiterer Personengruppen. Sowohl die Einbindung der ersten und zweiten Phase der Ausbildung von Lehrkräften als auch die Beteiligung von betrieblichen Partnern der dualen Ausbildung wie auch der Weiterbildung wird von jeweils mehr als 90 Prozent der Befragten befürwortet (vgl. Abb. 71 und Abb. 72).

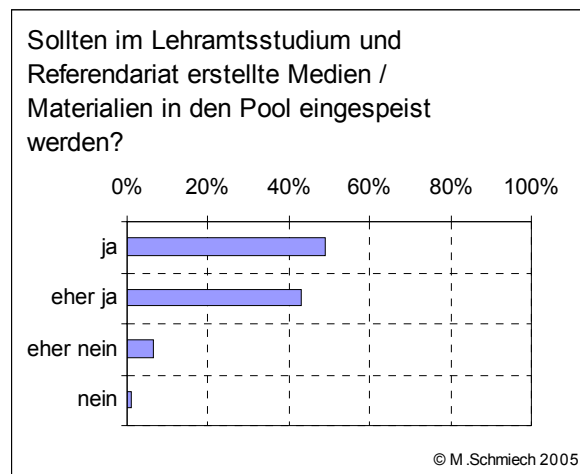


Abb. 71: Einbindung der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung

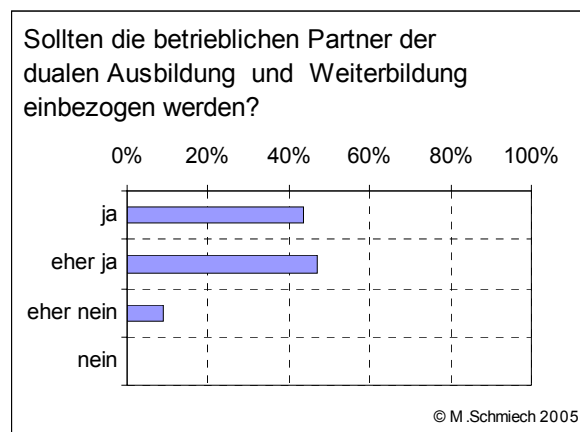


Abb. 72: Einbindung der betrieblichen Dualpartner

Eine ähnlich hohe Zustimmung erfährt die Frage, ob ein wie beschrieben angelegtes Vorgehen zum gegenseitigen Nutzen von Materialien und Medien eine administrativ-organisatorische Verankerung im Schulsystem erfahren sollte (vgl. Abb. 73). Die Zustimmung erreicht hier einen Anteil von fast 90 Prozent. Allerdings soll nicht unerwähnt bleiben, dass die in Deutschland vorzufindende föderale Struktur des Schulwesens wie des darin enthaltenen schulischen Teils der dualen Berufsausbildung mit der Art der Fragestellung ausgeblendet wurde. Diese Struktur bringt mit Blick auf praktische Realisierungsansätze erheblichen Abstimmungsbedarf mit sich und wirkt in Momenten, wo eine Bündelung von Kräften erforderlich ist, ggf. auch kontraproduktiv.

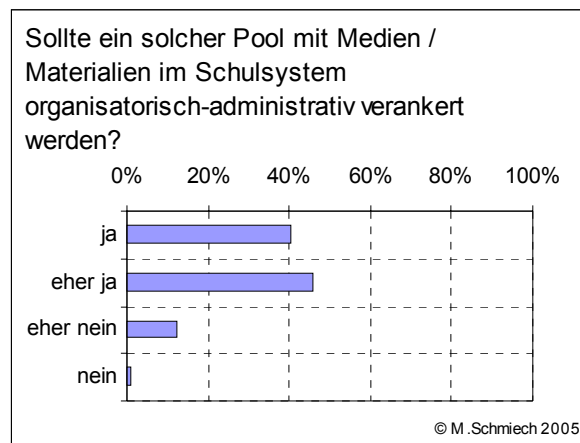


Abb. 73: Organisatorisch-administrative Verankerung

Eine mit Blick auf die Forschungsfrage F 10 formulierte Zusammenfassung der Ergebnisse lautet wie folgt: Durch eine verbesserte Kooperation zu einer verbesserten Verfügbarkeit von Medien und Materialien zu gelangen, die die eigene Arbeit unterstützen, wird von Lehrkräften durchweg positiv beurteilt. Die Bereitschaft zur aktiven Teilhabe an einer derartigen Zusammenarbeit ist bei mehr als 75 Prozent der befragten Lehrkräfte vorhanden, wenngleich bei dem überwiegenden Teil gewisse Vorbehalte bestehen. Diese Vorbehalte äußern sich in der eher beschränkten Bereitschaft, einen geringen Erstellungsmehraufwand hinzunehmen bzw. mehr als 3 Stunden zum Erlernen gewisser Verfahrensweisen aufzuwenden.

Hinsichtlich der Ausgestaltung einer Zusammenarbeit lassen sich aus den Rückmeldungen der Lehrkräfte folgende Eckpunkte zusammenfassen: Die Nutzung des Systems sollte schnell und einfach zu erlernen sein und der mit dem Einspeisen von Objekten verbundene Mehraufwand sollte nur gering sein. Verfügbare digitale Objekte sollten mit Annotationen und Kommunikationsmöglichkeiten versehen werden können. Zu Fragen der Anonymität und des Urheberrechts gibt es ein geteiltes Meinungsbild, so dass hier idealtypisch alternative Verfahrensweisen möglich sein sollten. Der zu beteiligende Personenkreis sollte neben tätigen Lehrkräften auch in den ersten zwei Phasen der Lehrerbildung befindliche angehende Lehrkräfte einschließen. Im Rahmen der Ausbildung entstehende Medien und Materialien sollten auf diese Weise verfügbar gemacht werden. Zudem sollten auch betriebliche Ausbildungspartner die Möglichkeit erhalten, an Kooperationen zu partizipieren. Schließlich sollte die Kooperation eine organisatorisch-administrative Verankerung im Schul- bzw. Bildungssystem erfahren.

5 Ontologien zur didaktischen Organisation digitaler Objekte

Die durchgeführten Betrachtungen mit den bis hier verfügbaren Ergebnisse zeigen, dass Ontologien einen wesentlichen Betrag zur verbesserten individuellen wie kooperativen Nutzung digitaler Objekte wie damit auch zu übergeordneten Ansätzen des Informations- und Wissensmanagements leisten können. In der Art zahlreicher individueller Ansätze wie beispielsweise auch in der Art von Verabredungen in Lehrerkollegien zur Verbesserung des Austausches von Unterrichtsmaterialien existieren zahlreiche *implizite* Ontologien. Mit einer fehlenden Explikation geht jedoch nicht selten eine gewisse Unverbindlichkeit einher, die semantischen Inkonsistenzen in der Organisation digitaler Objekte Vorschub leistet.

Idealtypisch würde man eine universell gültige und von allen akzeptierte wie angewandte, zeitlich invariante Ontologie entwerfen. Diese kann es jedoch nicht geben, ihre Erschaffung käme im Prinzip einer Objektivierung und Normierung äußerst umfassender globaler Zusammenhänge gleich. Dies widerspricht jeglicher Erfahrung wie auch der Selbstreferenzialität menschlicher Kognition und ist auch allein aufgrund der mit einem solchen Unterfangen einhergehenden Komplexität nicht beherrschbar. Die Chancen für die Etablierung akzeptierter Ontologien steigen mit der Beschränkung der Ziel-domäne und sinken mit der Anzahl der beteiligten Menschen. Selbst bei der Betrachtung eines einzelnen Menschen ist nicht selten festzustellen, dass dessen kognitive Entwicklung ihn einst für gut befundene Strukturierungen und Verfahren verwerfen und durch neue Muster ersetzen lässt.

In der Praxis wird eine Ontologie eher in der Art eines *gemeinsamen Nenners* in begrenzten Domänen zu etablieren sein und in der Perspektive einer stetigen formativen Evaluation bedürfen (vgl. Abb. 75). Daneben müssen individuelle Sichten und Ontologien akzeptiert werden, die das Differierende in jeweils angemessener Weise repräsentieren. Aus diesem Grunde erweisen sich Topic Maps mit dem dort vorzufindenden Konzept der Sichten als eine besonders geeignete Sprache, Ontologien für die individuelle wie kooperative Organisation digitaler Objekte zu entwerfen und über die Sicherstellung der Identität von Topics einen hohen Grad an semantischer Interoperabilität individueller wie domänenspezifischer Ontologien zu ermöglichen.

Festzustellen ist, dass die bisherigen Ergebnisse zwar vielfältig sind, aber keinesfalls die Strukturen einer Ontologie zur Organisation digitaler Objekte vollständig determinieren.

Vielmehr sind auch an dieser Stelle der Arbeit immer noch zahlreiche Freiheitsgrade gegeben. Der Entwurf einer Ontologie ist ein kreativer Prozess der Informationserzeugung (vgl. Abschnitt 2.1.1), der zur Erreichung von Zielstellungen vollzogen wird und am Grad der Zielerreichung zu messen ist. Eckpunkte für das hierzu erforderliche Vorgehen liefert das folgende Unterkapitel, indem zunächst Methoden zur Entwicklung von Ontologien untersucht und auf ihre Anwendbarkeit im Rahmen dieser Arbeit geprüft werden.

5.1 Methodik der Entwicklung von Ontologien

5.1.1 Methoden aus dem Umfeld des Knowledge Engineering

Knowledge Engineering hat zur Aufgabe, explizierbare Wissensbestände in IKT-nutzbare formale Wissensrepräsentationen zu überführen und in Kontexten der Künstlichen Intelligenz, des Information Retrieval und damit auch in umfassenden Systemen des Informations- und Wissensmanagements nutzbar zu machen. Damit verbunden sind Aufgaben wie die Erfassung bedeutsamer Wissensstrukturen und Problemlösungsmethoden und ihre formalisierte digitale Repräsentation beispielsweise in Form von Ontologien. Weitere damit verbundene Aufgaben sind der Entwurf entsprechender IKT-Systeme zur Nutzung der Wissensrepräsentationen einschließlich der Realisierung computerbasierter Interferenzmechanismen wie schließlich die Darbietung und Visualisierung von Wissensrepräsentationen. Die Entwicklung von Ontologien kann damit als Teilbereich des Knowledge Engineering angesehen werden (vgl. STUDER / BENJAMINS / FENSEL 1998, S. 26 f.). Sie ist eine junge und in ihrer Methodik wenig ausgereifte Disziplin (vgl. FERNÁNDEZ / GÓMEZ-PÉREZ / JURISTO 1997, S. 1 bzw. JONES / BENCH-CAPON / VISSER 1998). Im Rahmen einer Analyse unterschiedlicher Ansätze der ontologiebasierten Informationsintegration kommen WACHE u. a. im Jahre 2001 zu dem Schluss, dass es an weit entwickelten Methoden zur Unterstützung der Entwicklung von Ontologien mangelt (vgl. WACHE u.a 2001, S. 10).

Grundsätzlich hat eine Methode zur Entwicklung von Ontologien wenigstens folgende Aktivitäten zu berücksichtigen bzw. mit Richtlinien auszugestalten:

- Identifikation von Zweck und Reichweite: Szenarien, Nutzer und beabsichtigte Nutzungsarten, Randbedingungen usw.

- Erzeugung der Ontologie: Erfassung der für die Domäne grundlegenden Begriffe und Relationen und deren Bezeichnungen sowie eindeutige Beschreibung in natürlicher Schriftsprache. Kodierung der erfassten domänenspezifischen Wissensstrukturen in einer formalen Sprache und Integration existierender Ontologien.
- Evaluation der Ontologie hinsichtlich der formulierten Ziele und Anforderungen.
- Dokumentation der Ontologie in Hinblick auf eine spätere Wiederverwendung in anderen Vorhaben unter Nennung der speziellen Annahmen, Randbedingungen und Entscheidungen, die dem Modell zugrunde liegen (vgl. USCHOLD / GRÜNINGER 1996, S. 14 ff.).

Eine Konkretisierung dieser grundlegenden Betrachtungen liefert beispielsweise der *Methontology* - Ansatz. Dieser strukturierte Ansatz zur Entwicklung von Ontologien basiert auf einem evolutionären Prozessmodell zur Verfeinerung eines Prototypen (*evolving prototype*). Dabei durchläuft die Ontologie permanent den in Abb. 74 dargestellten Lebenszyklus. Der Vorteil dieser Herangehensweise liegt darin, dass im Gegensatz zu einem sequenziellen Modell, das keine nachträglichen Änderungen einmal durchlaufener Phasen erlaubt, oder einem inkrementellen Modell, welches Änderungen nur in fest gefügten Versionszyklen vorsieht, jederzeit Änderungen und Ergänzungen der Ontologie möglich sind. Dies trägt dem Umstand Rechnung, dass die Entwicklung einer Ontologie in einem besonderen Maße Unwägbarkeiten ausgesetzt ist und damit ein hinreichendes Ergebnis im ersten Ansatz unwahrscheinlich ist.

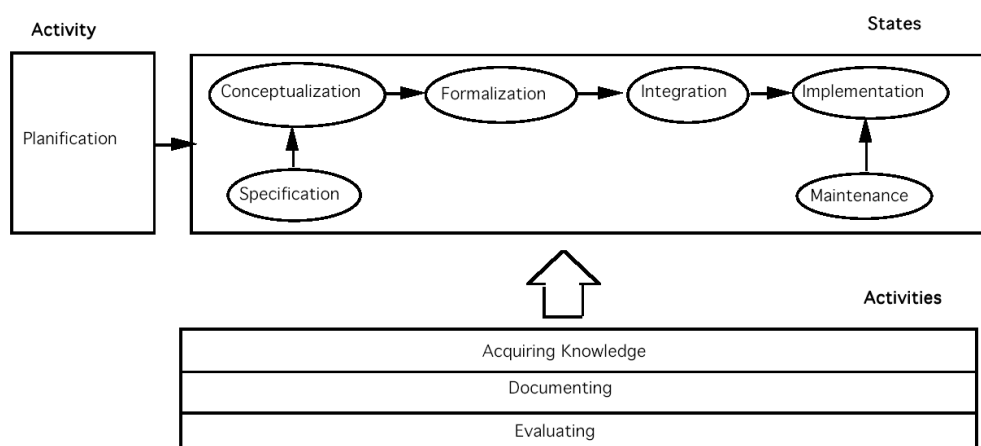


Abb. 74: Zustände und Aktivitäten in METHONTOLOGY (Quelle: FERNÁNDEZ / GÓMEZ-PÉREZ / JURISTO 1997, S. 3)

Den Zuständen im Lebenszyklus einer Ontologie sind gewisse Aktivitäten zugeordnet, parallel erfolgen eine permanente Erschließung neuer Wissensstrukturen (*Acqui-*

ring Knowledge), die Dokumentation wie die Evaluation (vgl. Abb. 74). Im Einzelnen ist der Prozess durch nachstehende Zustände geprägt:

- *Specification*: Die natürlichsprachliche Beschreibung des Zwecks der Ontologie einschließlich Intention, Nutzer, Nutzungsszenarien wie des hierzu benötigten Formalisierungs- und Detaillierungsgrades der Ontologie und z. B. auch durch „competency questions“, die mittels der Ontologie beantwortet werden sollen. Erstellung einer vorläufigen, aber dennoch möglichst vollständigen, konsistenten und redundanzfreien Darstellung von Begriffen, die die Ontologie beinhalten soll. Empfohlen wird, mit Begriffen aus der Mitte eines gedachten Spannungsfeldes zwischen vollständiger Generalisierung und Spezialisierung zu beginnen. Weiter können auch schon Ansätze zur Klassifizierung und Hierarchisierung von Begriffen vorgenommen werden.
- *Knowledge Acquisition*: Die Ermittlung relevanter Wissensstrukturen kann im Rahmen der Entwicklung von Ontologien als weitgehend eigenständiger Prozess gesehen werden, der insbesondere auch parallel zur Spezifikation abzulaufen hat und dessen Bedeutung mit zunehmender Reife der entwickelten Ontologie abnimmt. Grundsätzlich können sich die hier notwendigen Analysen auf das Wissen von Domänenexperten wie auf bereits explizierte Wissensrepräsentationen beziehen. Gängige Methoden sind beispielsweise Experteninterviews oder Textanalysen.
- *Conceptualization*: Strukturierung der relevanten domänenspezifischen Wissensbestände und ihre Repräsentation in einem begrifflichen Modell. Hierzu ist in einem ersten Schritt ein Glossar des betrachteten Ausschnittes der Domäne (Klassen, Instanzen, Verben, Attribute) zu entwickeln, wobei die initial geleisteten Definitionen einzubeziehen sind. Schließlich ist eine Klassifizierung und Hierarchisierung vorzunehmen. Die hieraus hervor gehende wenig formale Repräsentation der Domäne ermöglicht eine überblicksartige Einschätzung der vorliegenden Ontologie unter Umgehung der formalisierten Instanzen und erlaubt auch einen Vergleich von Ontologien hinsichtlich ihrer Eignung zur Wiederverwendung.
- *Integration*: Zur Beschleunigung des Prozesses der Ontologie-Entwicklung sollten Definitionen bestehender Ontologien soweit möglich hinzugezogen werden.

In einem ersten Schritt ist eine Sprache bzw. Meta-Ontologie zur Formulierung der eigentlichen Ontologie auszuwählen, wobei der Grad an Übereinstimmung der semantischen Strukturierungen auf der Meta-Ebene maßgebend ist. Im nächsten Schritt sind existierende Ontologie-Bibliotheken auf relevante und integrierbare Elemente hin zu analysieren, eigene Definitionen sind ggf. abzugleichen usw.

- *Implementation / Formalization*: Erzeugung einer formalen Repräsentanz der Ontologie (Topic Maps, OWL, Prolog, Ontolingua ...).
- *Evaluation*: Permanente Evaluation während und zwischen den unterschiedlichen Aktivitäten der Ontologie-Entwicklung zur Sicherstellung von Vollständigkeit, Redundanzfreiheit und Konsistenz. Dabei wird eine auf den technischen Prozess der Ontologie-Erstellung bezogene Verifikation von einer auf die Ziel-domäne bezogenen Validierung im Rahmen der geleisteten Spezifikationen unterschieden.
- *Documentation* (vgl. FERNANDEZ / GOMEZ-PEREZ / JURISTO 1997, S. 4 ff.).

Betrachtet man weitere Methoden, so finden sich gewisse Kohärenzen in der Anlage des Entwicklungsprozesses. JONES u. a. haben im Jahr 1998 eine vergleichende Analyse zu unterschiedlichen Methoden der Entwicklung von Ontologien veröffentlicht. Das Ergebnis der Arbeit lässt sich durch folgende Punkte zusammenfassen:

- Ausgangspunkt der meisten Methoden sind Aufgaben, die mit Hilfe der Ontologie zu lösen sind bzw. Fragen, die mit Hilfe der Ontologie zu beantworten sind. Damit sind Einsatz und Entwicklungsziel der Ontologien abgegrenzt und klare Bezugspunkte zur Evaluation der Ontologie gegeben. Allerdings schränkt eine enge Bindung an sehr spezielle Aufgaben den Grad der Wiederverwendbarkeit ein.
- Es finden sich zwei Arten zugrunde liegender Prozessmodelle. Entweder liegt ein (im Wunsch) einmal sequentiell zu durchlaufendes Phasen- oder Stufenmodell zugrunde, an dessen Ende eine gezielt einsetzbare Ontologie steht, oder es liegt ein zirkulär oder spiralförmig angelegtes evolutionäres Modell vor, welches im ersten Ergebnis zunächst eine Art Prototyp liefert.

- Typisch können zwei Phasen in der Beschreibung der eigentlichen Ontologie unterschieden werden. Zunächst erfolgt in der Regel eine wenig formale natürlichsprachliche Kodierung der Ontologie. Diese wird dann in der Folgephase in eine formale Sprache überführt. Dabei hat auch die erste Darstellungsform weiterhin ihre Bedeutung, indem sie die formalen Aspekte erklärt und erläutert und so eine Brücke zum Denken des Menschen liefert.
- Verbreitet ist die Erwartung, dass die Entwicklung neuer Ontologien zunehmend unter Verwendung von Ontologie-Bibliotheken erfolgt. Die Auswahl, Einbeziehung, Erweiterung und Verfeinerung bestehender Ontologien wird deshalb von den meisten Methoden berücksichtigt, die Ansätze hierzu sind jedoch uneinheitlich (vgl. JONES / BENCH-CAPON / VISSER 1998, S. 11 ff.).

Vielfach zeigen Methoden und Modelle der Ontologie-Entwicklung Analogien zu solchen der Softwaretechnik oder weisen gar explizite Bezüge auf (vgl. STUDER / BENJAMINS / FENSEL 1998, S. 30). Dies gilt beispielsweise für den Ansatz von HRISTOZOVA / STERLING, der sich Prinzipien des *eXtreme Programming (XP)* zu Eigen macht. Dem Ansatz liegt ein evolutionäres Modell zugrunde, das die späteren Nutzer der Ontologie frühzeitig in den Entwicklungsprozess einbindet. Während das evolutionäre Modell im Methontology - Ansatz der Einsicht folgt, dass mit einem ersten Modellierungsansatz selten alle Aspekte in zielführender Weise berücksichtigt werden können und daher Korrekturen ermöglicht werden müssen, wird die Unvollkommenheit des ersten Prototyps im Ansatz der „eXtreme method for developing lightweight ontologies“ zum Prinzip erhoben. Es besteht von vorn herein nicht das Ziel, den ersten Prototypen schon möglichst perfekt auszugestalten. Stattdessen wird das Ziel verfolgt, möglichst frühzeitig erste sicher unvollkommene Prototypen nutzbar zu machen und diese in enger Kopplung mit den Nutzern in vielen kleinen Zyklen (ggf. mehrere pro Tag) zu dem gewünschten Ergebnis hin weiter zu entwickeln (HRISTOZOVA / STERLING 2002).

In der konkreten Ausgestaltung und Wahl der Verfahren zu Erzeugung einer Ontologie ist zu berücksichtigen, ob mit dieser vorrangig auf Vorhaben der KI und der sogenannten *automatisierten Wissensgenerierung* durch Interferenz abgezielt wird oder ob eine unterstützende Funktion im Kontext des Informations- und Wissensmanagements angestrebt wird. Im letztgenannten Fall stellt die Ontologie einen eher makroskopisch angelegten Ordnungsrahmen zur Repräsentation domänenspezifisch bedeutsamer Strukturen

dar und kommt ggf. mit einem geringeren Grad und Aufwand an Formalismen aus (wobei dennoch auch die Nutzung von Interferenz-Mechanismen angestrebt sein kann). In einem einfachen Ansatz liefert die Ontologie schlicht das Ordnungssystem bzw. die innerhalb der betrachteten Domäne zu verwendende Sprache, um digitale Objekte zu verorten bzw. mittels zugeordneter Metadaten zu beschreiben. Die Ontologie könnte hier in einem ersten Schritt auch nur aus einer in natürlicher Schriftsprache abgefassten verbindlichen Liste definierter Begriffe bestehen, die bei der Auszeichnung digitaler Objekte mit Metadaten zu verwenden sind. Die eigentliche Schwierigkeit der Ontologie-Entwicklung liegt in der Ergründung der zielbezogen relevanten Strukturen und deren Repräsentation in einem begrifflichen Modell (*Conceptualisation*).

Sollen Ontologien im Rahmen entsprechender Software-Systeme genutzt werden, so sind weitere Formalisierungsschritte notwendig. So könnte die eigentliche Ontologie im Rahmen der semantischen Expressivität des Resource Description Framework (RDF) oder auch der Topic Maps formuliert werden. Die datentechnische Repräsentanz der Ontologie könnte dann in der Extensible Markup Language (XML) erfolgen. RDF bzw. Topic Maps sind Sprachen zur Modellierung der Ontologien, wobei XML die Sprache zur Modellierung der Daten ist (vgl. NILSSON 2001). Während derzeit noch eine Reihe von Sprachen zur Modellierung von Ontologien miteinander konkurrieren, zeigt sich hinsichtlich der Sprache zur Modellierung der Daten eine gewisse Einheitlichkeit. Sowohl Topic Maps wie auch RDF, Web Ontology Language (OWL) und andere unterstützen als Kodierungsformat die Extensible Markup Language (XML), welche im Rahmen normaler Text-Dateien Inhalte so auszeichnet, dass diese bestimmten Kategorien zugeordnet sind³⁹.

Eine weitere für die Betrachtung methodischer Ansätze essenzielle Differenzierung liefern SCHNURR u. a. Sie unterscheiden im Kontext des Wissensmanagements *Wissensprozesse* und *Wissensmetaprozesse* (vgl. Abb. 75) und stellen eine Vermischung dieser in den in der Literatur beschriebenen Methodologien zum Wissensmanagement fest (SCHNURR u. a. 2001, S. 2).

³⁹ Die Definition eigener Kategorien-Sätze zur Auszeichnung von Inhalten, sogenannte XML-Namespaces, ist vorgesehen. Im Ergebnis finden sich dann in XML-Dokumenten Hinweise auf den verwendeten Namensraum sowie Paarungen aus Kategorie und je zugewiesenem Inhalt, wie man es im Ansatz aus HTML-Dokumenten kennt.

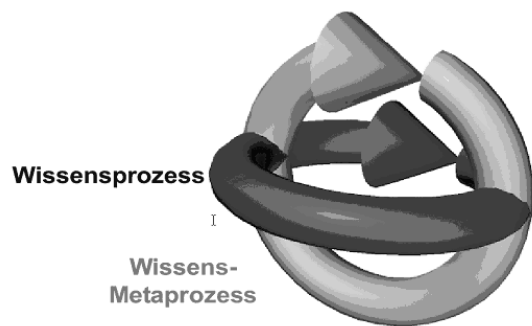


Abb. 75: Wissens- und Wissensmetaprozess als orthogonale rückgekoppelte Prozesse (Quelle: SCHNURR u. a. 2001, S. 2)

Wissensmetaprozesse haben die Einführung und Weiterentwicklung von Wissensmanagementlösungen zum Gegenstand, was insbesondere auch den Entwurf und die Pflege von Ontologien beinhaltet. Sie liefern das Rahmenwerk mit den Spielregeln, in denen die eigentlichen Wissensprozesse der Generierung, Erfassung und Nutzung stattfinden. Wissens- und Wissensmetaprozesse sind miteinander verkoppelt. Im Zuge der Wissensprozesse können Anforderungen auftreten, die im Laufe des fortwährenden Metaprozesses Veränderungen des Rahmenwerkes erfordern (vgl. STAAB 2003, S. 202). Bezugnehmend auf die Differenzierung von Ontologien in solche der Art *Grammatik der Realität* und solche der Art *Enzyklopädie der Realität* (STEIMANN / NEJDL 1999, S. 3, vgl. auch Abschnitt 2.3.3) ergibt sich, das Erstere dem Wissensmetaprozess zuzuordnen sind, in dem dann unter anderem Begriffs- und Relationsklassen festgelegt werden. Ihre besondere Aufgabe liegt in der Beschränkung und Eingrenzung kommunikativer Spielarten auf das Notwendige. Sie stellen auf der Ebene der Metawissensrepräsentationen angesiedelte abstrakte Strukturierungen dar und bilden das generische, aber bereits domänenspezifische Rahmenwerk, in dem im Zuge von Wissensprozessen konkrete Wissensrepräsentationen eingebracht werden. Dies ergibt dann eine Ontologie der letzteren Art.

Software-Werkzeuge können prinzipiell nicht besser sein, als die ihnen zu Grunde gelegten Modelle. So liefert eine Bestandsaufnahme bezüglich verfügbarer Software-Werkzeuge zur Unterstützung notwendiger Aktivitäten im Rahmen des Lebenszyklusses einer Ontologie das zu erwartende Bild. Sind keine entwickelten Methoden verfügbar, fehlt auch den Werkzeugen der entsprechende Bezug. Im Ergebnis findet sich zwar eine Vielzahl von zum Teil frei verfügbaren Werkzeugen am Markt. Diese sind jedoch häufig nicht interoperabel und unterstützen nur Teilaspekte des Lebenszyklusses von

Ontologien (vgl. ONTOWEB CONSORTIUM 2002, S. 95). Ähnliches gilt für Systeme zur Speicherung von Ontologien und zu deren Nutzung mittels Abfragen (vgl. ebenda, S. 93).

5.1.2 Implementationsebenen der Organisation digitaler Objekte

Zur Strukturierung und Visualisierung der Ausgangslage und Festlegung der weiteren Vorgehensweise lässt sich das in Abb. 76 dargestellte Ebenen-Modell heranziehen. Die geeignete Nutzung digitaler Objekte bedarf, wie bereits mehrfach angeklungen, einer Vermittlung zwischen den in dem Modell dargestellten Polen *Lehrkräften* und *IKT-Systeme*, die in pragmatischer Weise durch wechselseitig wirkende Abstraktions-Implementations-Ebenen gegliedert ist. Während beispielsweise Abfolgen unterschiedlicher Spannungspegelkombinationen genau das sind, was IKT-Systeme konkret verarbeiten, stellen diese aus der Sicht der Menschen ein Höchstmaß an Abstraktion dar. In entgegengesetzter Sichtweise stellt die Unterstützung in der Bewältigung konkreter problemhaltiger Arbeits- und Lernprozesse durch digitale Objekte aus Sicht des jeweils betroffenen Menschen ein sehr konkretes und oft aus der persönlichen Sicht der Dinge begründetes Anliegen dar, welches aus der gedachten Perspektive eines IKT-Systems höchst abstrakt erscheint.

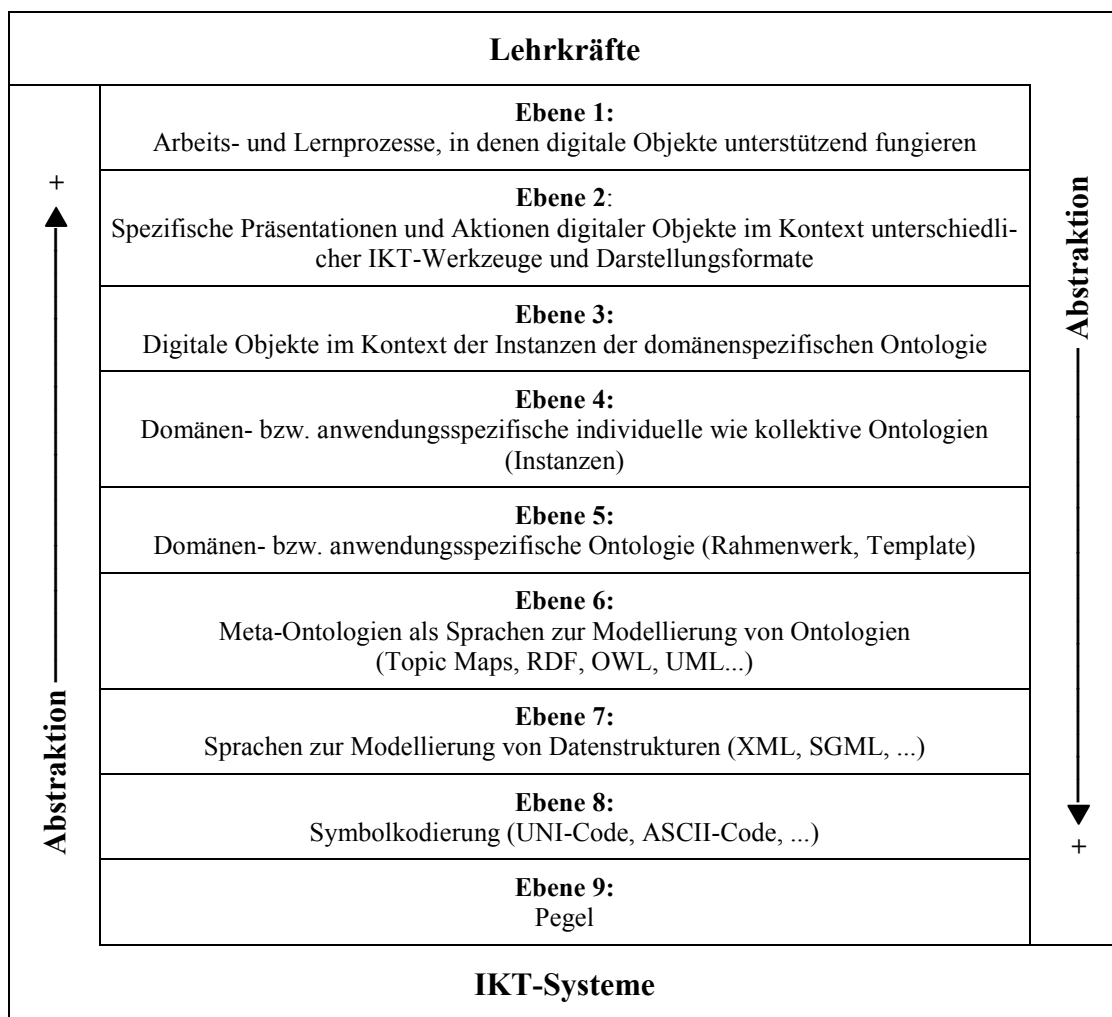


Abb. 76: Modell mutualer Abstraktions-Implementationsebenen

Betrachtet man die einzelnen Ebenen, so kann für die Ebenen 9 bis 7 festgestellt werden, dass sich hier letztlich keinerlei Freiheitsgrade finden, die Entscheidungen im Rahmen dieser Arbeit notwendig machen. Pegel und Symbolkodierungen sind weitestgehend verbindlich normiert und auch XML hat sich als Standardsprache zur Modellierung von Datenstrukturen fest etabliert. Auf Ebene 6 sind die Meta-Ontologien, also Sprachen zur Formulierung von Ontologien, angesiedelt (vgl. Abschnitt 2.3.3). Mit Blick auf die in Kapitel 2 dargestellten Ergebnisse bietet es sich an, die Ontologien in der Form von Topic Maps zu formulieren, da diese gegenüber OWL und RDF die Möglichkeit bieten, unterschiedliche Sichten zu implementieren und sich insgesamt auch einer ersten, von formalen Hürden befreiten und pragmatisch geprägten Nutzung nicht widersetzen. Die eigentliche Ontologie zur Organisation digitaler Objekte ist auf den Ebenen 5 und 4 angesiedelt. Ebene 5 trägt das domänen bzw. anwendungsspezifische ontologische Rahmenwerk im Sinne einer *Grammatik der Realität* (STEIMANN / NEJDL

1999, S. 3). Dies ist die Ebene der *Wissensmetaprozesse* (SCHNURR u. a. 2001, S. 2), auf der in der Art eines Topic Map Templates ziel- und anwendungsspezifische Klassen für Topics, Relationen und Sichten definiert werden. Ebene 4 trägt dann die Instanzen der Prototypen von Ebene 5. Hier findet sich dann, wenn man so will, die *Enzyklopädie der Realität* (vgl. auch Abschnitt 2.3.3, Unterkapitel 3.2 und Abschnitt 5.1.1). Auf Ebene 3 finden sich digitale Objekte als Occurrences der Topics auf Ebene 4. Die Ebenen 2 und 1 sind hier wiederum nur von mittelbarer Relevanz. Ebene 2 berücksichtigt, dass ein digitales Objekt abhängig von den eingesetzten Ausgabemedien (Handy, PC usw.) und Programmen unterschiedliche Darstellungsinstanzen haben kann. Dies zu ermöglichen bedarf der Anwendung bestimmter Verfahrensweisen und der Einhaltung gewisser Spezifikationen bei der Erzeugung digitaler Objekte, z. B. der Trennung von Inhalt und Darstellungsformat mit XML und XSLT usw. Derartige Fragen sind ausdrücklich nicht Gegenstand dieser Arbeit. Mit Ebene 1 erhält die Organisation digitaler Objekte ihren Sinnzusammenhang, hier entfalten die Darstellungsinstanzen der Ebene 2 idealtypisch subjektspezifische Wirkinstanzen, indem sie die ggf. nötige Wissenskonstruktion der Lehrkräfte oder der Auszubildenden unterstützen.

5.1.3 Strukturierung des weiteren Vorgehens

Der Schwerpunkt der Betrachtungen in diesem Teil der Arbeit liegt zunächst auf den Ebenen 4 und 5, in denen Ontologien zentrale Funktionen der Vermittlung übernehmen. Eine Ausgestaltung dieser Ebenen kann nur unter Beachtung des Gesamtkontextes erfolgreich vollzogen werden und ist, wie die dargestellten Methoden der Ontologieerzeugung zeigen, ein in der Regel fortwährender evolutionärer Prozess erheblicher Komplexität, der mit der praktischen Anwendung und Erprobung der Ontologien zirkulär verkoppelt ist und damit die praktische Verfügbarkeit ontologiebasierter IKT-Anwendungen wie auch eine hinreichend große Zahl von Probanden aus dem Kreis tätiger Lehrkräfte erfordert (vgl. Abb. 75). Dieses liegt, wie bereits angeführt, jenseits des im Rahmen dieser Arbeit Leistbaren, so dass sich das weitere Vorgehen auf eine theoretisch geprägte *Grundsteinlegung* beschränkt. Konkret erfolgt eine Konzentration auf die Ausgestaltung der Ebene 5 und deren exemplarische Evaluation auf Ebene 4 des in Abb. 76 dargestellten Modells.

Mit Blick auf die in Abschnitt 5.1.1 dargestellten Methoden und Ansätze wie dort im Besonderen dem *Methontology* - Modell lassen sich weitere Konkretisierungen des

Vorgehens vornehmen. Demnach sollte in einem ersten Schritt des Entwurfs eine Spezifikation des Zweckes der Ontologie erfolgen, was im konkreten Fall durch eine kurze Zusammenstellung der bereits herausgearbeiteten Anforderungen realisiert werden kann. Im nächsten Schritt gilt es, im Kontext der Anforderungen zentrale Begriffe und Benennungen zu finden und deren Relationen zu klären bzw. auch zu gestalten.

Im konkreten Fall findet sich auf der einen Seite ein überschaubarer Satz an Begriffen, der in der Arbeit nahezu aller Lehrkräfte von gleichermaßen zentraler Bedeutung ist, wie z. B. unterschiedliche Fächer, Schulformen oder Kategorien wie Lehrpläne. Auf der anderen Seite bezieht sich die Arbeit jeder Lehrkraft in der Regel auf Fächer bzw. berufliche Fachrichtungen, so dass auch diese mit den ihnen hinterlegten Wissenschaften von einer Ontologie für Lehrkräfte berücksichtigt werden müssen. Zudem sind im Bereich beruflicher Bildung neben rein fachlichen Zusammenhängen immer auch Geschäfts- und Arbeitsprozesse der Ausbildungsberufe zu berücksichtigen.

Deutlich wird, dass hier weitere Eingrenzungen des Vorgehens notwendig sind und die hier gestaltete Ontologie nur ein erster und als Kristallisationskeim wirkender Prototyp sein kann. Eine geeignete Beschränkung lässt sich herbei führen, in dem man sich zunächst und exemplarisch auf den begrifflichen Rahmen konzentriert, der durch einen Lehrplan gegeben ist, da dieser idealtypisch genau die im speziellen Kontext der Lehrarbeit in dem zugeordneten Bildungsgang relevanten Begriffe bündeln sollte.

Im konkreten Fall soll der Rahmenlehrplan des jüngst neugeordneten industriellen Elektroberufs *Elektroniker/in für Geräte und Systeme* bzw. des schulischerseits identisch ausgestalteten handwerklichen Elektroberufs *Systemelektroniker/in* als Ausgangspunkt gewählt werden. Diesem, wie anderen lernfeldstrukturierten Lehrplänen, liegt das Bestreben zugrunde, berufsrelevante Arbeitsprozesse und Fach- und Sachzusammenhänge didaktisch sinnvoll miteinander zu verknüpfen. Gefordert ist „... ein didaktisches Konzept, das fach- und handlungssystematische Strukturen miteinander verschränkt.“ (KMK 2003, S. 5). Auf dieser Grundlage lassen sich überschlüssig einige hundert Begriffe ableiten, die idealtypisch zunächst zu definieren wären. An dieser Stelle soll in pragmatischer Weise voraus gesetzt werden, dass die meisten Begriffe und deren Benennungen im Kreise der Adressaten ähnlich belegt sind, so dass sich die Begriffsklärung auf zentrale Ordnungskategorien beschränkt und ggf. auch nur unter Verweis auf entsprechende Literaturstellen erfolgt. Konkret findet man etwas mehr als 250 Begriffe

wie z. B. *Microkontroller*, *Netzsysteme*, *Eva-Prinzip* und *Teamarbeit*. Zudem lassen sich aus dem Lehrplan etwa 200 mehr oder weniger ähnliche Handlungen, wie z. B. das *Einholen von Angeboten* oder das *Prüfen von Funktionen*, ableiten. Letztere werden im Weiteren als begriffliche Einheiten betrachtet⁴⁰.

Auf eine Ausweitung und Vervollständigung des durch den Rahmenlehrplan abgesteckten Begriffsfeldes im Zuge einer *Knowledge Acquisition* soll zugunsten einer klaren Grenzziehung verzichtet werden. Ergänzt werden sollen lediglich solche Elemente, die der Strukturierung des Begriffsfeldes dienen. Damit ist auch die Ergänzung von Begriffen wie Spannung oder Widerstand, die manchem Elektrotechniker durchaus fundamental erscheinen, aber in dem Lehrplan unter dem Mantel *Elektrische Grundgrößen* verborgen sind, nicht vorgesehen. Eine nachträgliche Vervollständigung und Verfeinerung der Strukturen im Zuge von Reifikationen ist möglich (vgl. Abschnitt 3.2.1). Das zu erwartende Ergebnis kann als eine unter Hinzuziehung domänenspezifisch bedeutsamer Relationen ontologiebasiert restrukturierte Instanz des gegebenen Rahmenlehrplanes betrachtet werden.

Die als *Conceptualization* bezeichnete Strukturierung des Begriffsfeldes orientiert sich natürlich eng an den Anforderungen an die Ontologie. Sie erfolgt hier auf Basis des persönlichen Erfahrungsschatzes einer in diesem Bereich arbeitenden Lehrkraft und unter besonderer Berücksichtigung und Bezugnahme auf Modelle, die einer arbeitsprozessorientierten Ausgestaltung von Lehr- und Lernprozessen eine besondere Bedeutung beimessen.

Die Integration bestehender Ontologien bzw. relevanter Teile aus Ontologie-Bibliotheken kann die Entwicklung einer Ontologie beschleunigen und ist auch einer künftigen Integration unterschiedlicher Ontologien dienlich, soweit diese hierdurch zumindest partiell identische Konzepte beinhalten. Im konkreten Fall und unter Berücksichtigung der ebenda vorgenommenen Eingrenzungen ist eine Integration grundlegender Konzepte verfügbarer Top-Level-Ontologien nicht vorgesehen, da der hierzu erforderliche Recherche- und Integrationsaufwand, z. B. aufgrund unterschiedlicher Implementationssprachen, den an dieser Stelle zu erwartenden Nutzen deutlich übersteigt.

⁴⁰ Alternativ könnten derartige Sätze auch als spezifische Relationen einer Relationsklasse *Handlung* repräsentiert werden, die dann Menschen mit materiellen wie auch immateriellen Objekten verbindet.

Domänen- und problemspezifische Ontologien existieren hauptsächlich implizit bzw. in der Art didaktischer Modelle und fließen als solche natürlich in die weiteren Überlegungen und Strukturierungen ein.

Die exemplarische Implementation der Ontologie in der Art einer formalen Repräsentanz erfolgt unter Verwendung der Sprache Topic Maps. Die Auswahl der hierzu erforderlichen Software-Werkzeuge ist von dem Gedanken geleitet, eine möglichst einfach und unabhängig von der Verfügbarkeit spezieller Software-Systeme gestaltete Testumgebung zu verwenden, um so jeder bzw. jedem Interessierten ein unmittelbares Nachvollziehen der Ergebnisse zu ermöglichen⁴¹. Konkret werden die Topic Maps mit einem schlichten Texteditor erstellt. Hierzu bietet sich eine spezielle Notation von Topic Maps, die *Linear Topic Map Notation (LTM)*, an (vgl. GARSHOL 2005). Diese erlaubt eine weitgehend redundanzfreie Formulierung der Topic Maps. Zur Darstellung der mittels LTM erstellten Topic Map kann ein kostenfrei erhältlicher Topic Map Browser verwendet werden (vgl. OMNIGATOR-WEBSITE). Dieser erlaubt neben einer textuellen Darstellung von Topic Maps auch deren grafische Darstellung. Zudem können Topic Maps unterschiedlichster Formate gelesen und in andere Formate exportiert werden. Mittels dieses Browsers ist dann auch eine erste Evaluation der Topic Map bzw. der in ihr formulierten Ontologie möglich. Diese beschränkt sich auf eine exemplarische Verifikation der Funktionalität, während eine in der Zieldomäne angesiedelte Validierung aus genannten Gründen nicht vorgesehen ist.

5.2 Spezifikation von Anforderungen

Eine zentrale Anforderung an die Organisation digitaler Objekte ist deren mehrdimensionale Verortung (vgl. H 7). Die durchgeführte Erhebung liefert konkrete Aussagen zu typischerweise von Lehrkräften verwendeten Ordnungsdimensionen (vgl. Abschnitt 4.5.2) wie insbesondere auch eine Rangliste wünschenswerter Weise zu berücksichti-

⁴¹ Die Auswahl geeigneter Software-Systeme zur formativen Evaluation der Ontologie im Kreise tätiger Lehrkräfte würde natürlich anderen Kriterien, wie einer leichten Bedienbarkeit bzw. einer guten Integration der Werkzeuge in die bestehende Arbeitsumgebung, folgen. Hier Klärung herbeizuführen wäre dann Aufgabe eines dieser Arbeit nachgelagerten Vorhabens.

gender Dimensionen bzw. Ordnungskategorien (vgl. 4.5.5). Die vorzufindenden Nennungen lassen sich grob gliedern in solche,

- die sich auf den schulorganisatorischen Verwendungskontext eines digitalen Objektes beziehen (Bildungsgang, Klasse, Jahrgangsstufe, Lerneinheit usw.),
- die sich auf die Einordnung in bestehende und insbesondere im Forschungs- und Bildungssektor etablierte Systematiken und Ordnungen beziehen (Fach- und Sachgebiete und deren untergeordnete Teilgebiete),
- die sich an Vorgängen und Prozessen und deren Phasen orientieren und schließlich in solche,
- die sich auf spezifische Merkmale und Eigenschaften der Objekte (Programm, Bild, Text, Übungsaufgaben, Klassenarbeit, Schwierigkeitsgrad der Inhalte usw.) beziehen.

Die Notwendigkeit einer mehrdimensionalen Verortung digitaler Objekte ist letztlich der übergeordneten Zielsetzung geschuldet, einen möglichst unmittelbaren Zugang zu der in unterschiedlichen Kontexten der Arbeit von Lehrkräften jeweils benötigten Menge digitaler Objekte zu ermöglichen. Dieses gehört der Erhebung zufolge zu den Hauptschwierigkeiten von Lehrkräften bei der Organisation digitaler Objekte (vgl. Abb. 58). Typische Kontexte der AvL wurden einleitend benannt und in Abschnitt 1.2.4 mit Blick auf die Digitalisierung berufsrelevanter Informations-Objekte dargestellt. Exemplarisch lassen sich daraus wenigstens folgende Aggregationsvarianten digitaler Objekte ableiten, die eine geeignete Organisation zu berücksichtigen hat.

Es sollte eine Ordnung und Gruppierung von Objekten nach spezifischen Fach- oder Sachthemen möglich sein. Dieses ist z. B. sinnvoll, wenn Lehrkräfte sich in ein neues Fach- oder Sachthema einarbeiten, ihr diesbezügliches Wissen vertiefen oder fach- und sachspezifische Informationssammlungen für Lernende vorbereiten wollen. Eine fachspezifische Ordnung transportiert die eher fachlich-theoretische Strukturierung von Themen und diesen zugeordneten digitalen Objekten. Beispiele für derartige Ordnungen liefern die korrespondierenden Fachwissenschaften oder auch die Vorgänger der jüngst neugeordneten Elektroberufe mit ihren nach Lerngebieten strukturierten Lehrplänen und darin zu findenden didaktisch ausgeprägten Fachstrukturen. Eine sachorientierte Ordnung transportiert hingegen eher nach praktischen Gesichtspunkten aufgebaute Struktu-

ren. Eine hier im Besonderen hervorzuhebende Struktur ist durch den Aufbau vieler technischer Systeme gegeben, der beginnend bei kleinen Teilen diese zu immer komplexeren Funktionseinheiten aggregiert. Diese Struktur liefert in Prozessen der Analyse von Systemen hinsichtlich deren Funktionen und Fehlfunktionen wie auch des Synthetisierens von Systemen wichtige Bezugspunkte für Lehrende und Lernende.

Es sollte eine Ordnung und Gruppierung von Objekten möglich sein, die sich an Prozessen orientiert. Einen zentralen Bezugspunkt in der Arbeit von Lehrkräften bilden Prozesse des Lehrens und Lernens. In einer statischen Sicht auf derartige didaktische Prozesse wäre es wünschenswert, eine geeignete Auswahl von einem Thema zugeordneten Objekten gruppiert betrachten zu können. In einer dynamischen Sicht auf solche Prozesse wäre es notwendig, eine didaktische Sequenzierung von Objekten vornehmen zu können, um z. B. von einleitenden und überblicksartig gestalteten Informations-Objekten zu solchen zu gelangen, die eher einer Vertiefung von Thematiken dienen. Ein derartiges Instrumentarium könnte Lehrkräfte auch nachhaltig in der Erstellung digitaler Selbstlernangebote unterstützen.

Typische Prozesse der von Auszubildenden zu erlernenden Berufsarbeit liefern weitere bedeutsame Bezugspunkte zur prozessorientierten Ordnung und Gruppierung von Objekten. Solche Prozesse spiegeln sich dem Ansatz nach und in didaktisch transformierter Weise in lernfeldstrukturierten Lehrplänen wieder, ohne dabei eine explizierte Ordnung und Strukturierung erkennen zu lassen, auf die hier Bezug genommen werden könnte. Wie zuvor ist auch hier eine statische wie eine dynamische Sicht auf Prozesse möglich. Letztere könnte den Fortgang typischer Arbeitsprozesse im Sinne eines Workflows abbilden, um die in den jeweiligen Prozessschritten relevanten digitalen Objekte so passend zu verorten. Erstere könnten zu einer Klassifizierung in Geschäfts-, Arbeits- und Handlungsfelder führen, wie sie von PETERSEN / WEHMEYER im Rahmen der Evaluation der IT-Berufe entwickelt und eingesetzt wurde (vgl. PETERSEN / WEHMEYER 2001). Damit wäre den Lehrkräften ein Ordnungswerkzeug an die Hand gegeben, das eine strukturierte Vorbereitung und Durchführung curricular eingeforderter wie berufspraktisch notwendiger arbeitsprozessorientierter Lehr-/Lernszenarien unterstützt, indem es im strukturellen Miteinander von Aufgaben, Gegenständen, Anforderungen und Methoden bedeutsame Informationen repräsentiert.

Es sollte eine Ordnung und Gruppierung von Objekten realisierbar sein, die sich an den Ordnungskategorien des Bildungs- und Schulsystems orientiert. Neben den schon in anderen Zusammenhängen herausgestellten notwendigen Bezügen zu curricularen Vorgaben wäre es für eine Lehrkraft durchaus hilfreich, die in einer konkreten Klasse und zu einem Themengebiet bzw. Lernfeld eingesetzten Objekte in einer Gesamtschau dargeboten zu bekommen, um z. B. auf dieser Grundlage eine angestrebte Leistungs-feststellung vorzubereiten. Der Blick auf Objekte, die Kollegen und Kolleginnen in gleichartigen Klassen verwendet haben und auf Strukturen, die solche Objekte in einen Lernkontext einbringen, könnte den Horizont für das Mögliche erweitern helfen und so zu vielfältigeren und reichhaltigeren Lernangeboten führen. Der Blick auf Objekte, die im letzten Durchlauf in einem spezifischen Bildungsgang verwendet wurden, kann der formativen Evaluation zur Verbesserung künftiger Lernangebote dienen.

Eine weitere zentrale Anforderung besteht darin, dass die Organisation digitaler Objekte so angelegt sein soll, dass diese neben einer individuellen Organisation digitaler Objekte auch der kooperativen Organisation im Sinne eines gegenseitigen Nutzens digitaler Objekte förderlich ist (vgl. H 8). Die in Unterkapitel 4.6 dargestellten Erhebungsergebnisse belegen eine insgesamt positive Grundhaltung wie auch hohe Bereitschaft zu einer derartigen Kooperation. Allerdings zeigen sie auch, dass der hierzu initial wie begleitend von Lehrkräften zu leistende Mehraufwand, um z. B. eine geeignete Auffindbarkeit eines Objektes herzustellen, nicht zu groß sein darf. In der Konsequenz wäre es daher idealtypisch so, dass die zur individuellen Organisation von Objekten vorgenommenen Verortungen ebenso im Kontext einer kooperativen Organisation wirksam wären. Damit ist dann die schon in Abschnitt 2.3.3 dargestellte Funktion einer Ontologie als einheitlich gepflegtes Begriffs- und Strukturmodells einer Gemeinschaft bzw. Domäne ein weiteres Mal benannt. Allerdings ist einem vollständigen oder sehr hohen Maß an Vereinheitlichung im Rahmen von größeren Gruppen von Personen aus konstruktivistischer Perspektive mit gewisser Skepsis zu begegnen, was zu der schon mehrfach genannten Anforderung führt, dass neben kollektiv verbindlichen Strukturen auch Raum für individuelle Differenzierungen gegeben sein muss.

5.3 Entwicklung von Ontologien zur Organisation digitaler Objekte

5.3.1 Modelle des Arbeitsumfeldes von Lehrkräften

Einen geeigneten Ausgangspunkt zur Formulierung von Ontologien⁴² bilden die Lehrkräfte und deren Arbeitsumfeld. Abb. 77 zeigt einen möglichen Modellierungsansatz, der in Anlehnung an Klassendiagramme der Unified Modeling Language (UML) dargestellt ist (vgl. CRANFIELD, S. / PURVIS, M. 1999, vgl. OBJECT MANAGEMENT GROUP 2005). In der UML wird die Generalisierung einer Klasse bzw. eines Begriffes durch einen Pfeil mit durchgezogener Linie gekennzeichnet (Superklasse-Subklasse-Relation), die die als Rechtecke dargestellten Klassen verbindet. Die Generalisierung der Klasse *Lehrkraft* wie auch der Klasse *Schüler/-in* wird, wie Abb. 77 zeigt, als Klasse *Person* bezeichnet. Eine Aggregation von Personen bildet eine Personengruppe. Diese und weitere Teil-Ganzes-Relation werden im Weiteren durch eine Verbindung von Klassen mit dem Rautenpfeil symbolisiert⁴³. Eine Aggregation von *Schüler/-in* bildet die Klasse *Schulklasse*, die wiederum eine Spezialisierung der Klasse *Personengruppe* darstellt. Eine spezifische *Schulklasse* ist immer einem Bildungsgang zugeordnet. Sie kann beispielsweise als Instanz eines spezifischen Bildungsganges modelliert werden. In der im Weiteren gewählten grafischen Darstellung werden die Relationen Superklasse-Subklasse und Klasse-Instanz zunächst mit gleichen Pfeilarten dargestellt, da sich abhängig von der gewählten Betrachtungsebene für die gleiche Relation unterschiedliche Präferenzen hinsichtlich der einen oder der anderen Kategorisierung ergeben können. Einerseits also im Prinzip Instanz eines Bildungsganges steht eine Schulklasse gleichzeitig als Klasse in einer Klasse-Instanz-Relation mit einer konkreten Schulklasse, der *Klasse EGS1 - 2005 - Husum*. Diese ist zudem Instanz des konkreten Bildungsganges *Elektroniker/-in für Geräte und Systeme*, der als Subklasse oder auch Instanz der Klasse *Bildungsgang* betrachtet werden kann.

⁴² Die hier, wie an anderer Stelle, zu findende Verwendung des Plurals *Ontologien* erklärt sich aus der gewählten Betrachtungsebene wie dem Umstand, dass eine Ontologie aus verschiedenen (Teil-)Ontologien bestehen kann. Konkret geht es hier zunächst um die Entwicklung von Ontologien, die isoliert betrachtet verschiedene Teilaspekte repräsentieren und in ihrem vernetzten Zusammenwirken schließlich eine Ontologie zur Organisation digitaler Objekte ergeben.

⁴³ Die in UML übliche Differenzierung von Aggregationen und Kompositionen wird hier nicht betrieben.

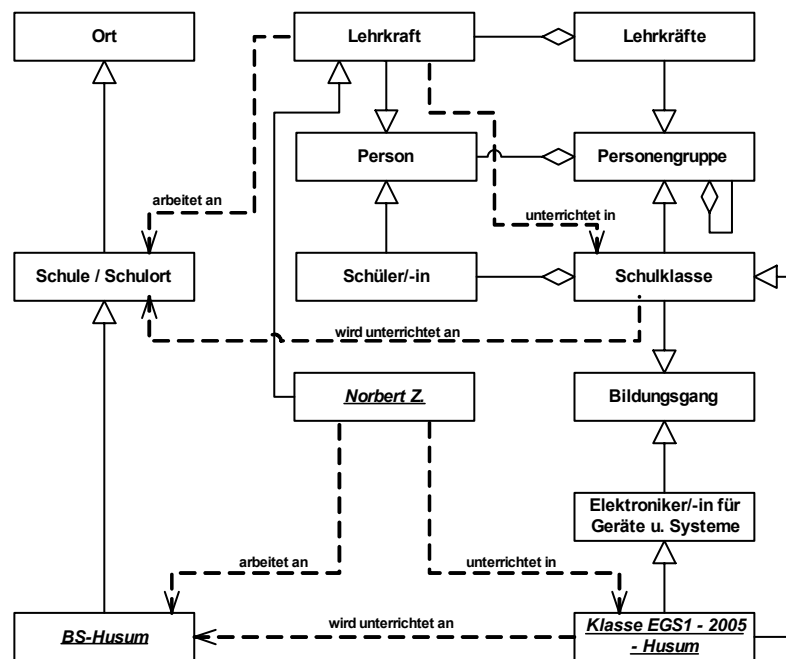


Abb. 77: Modell der Lehrkraft und seines Arbeitsumfeldes

Die gestrichelten und später auch durch gezogenen Pfeile mit offener Pfeilspitze symbolisieren beliebige andere Relationen zwischen Klassen, die dann in der Regel mittels Beschriftung des Pfeiles benannt werden. So besteht zwischen Lehrkräften und Klassen eine Relation, die man in der dargestellten Richtung mit *unterrichtet in* benennen kann. Neben der Relation zu in der Regel mehreren Lehrkräften kann einer Klasse auch eine Schule bzw. ein Schulort zugewiesen werden (Relation *wird unterrichtet an*). Und auch eine Lehrkraft steht in der Regel in einer festen Relation zu einem Schulort (Relation *arbeitet an*), dessen Generalisierung durch eine Klasse *Ort* dargestellt ist. Zur Kennzeichnung der Tatsache, dass es sich bei *Klasse EGS1 - 2005 - Husum* nicht um ein Abstraktum, sondern um eine konkret vorzufindende Gruppe spezifischer (und dem Autor bekannter) Personen handelt, die an der konkret existenten Beruflichen Schule *BS-Husum* von dem (allerdings erfundenen) Kollegen *Norbert Z.* Unterricht erhält, wird hier und im Weiteren eine kursive und unterstrichene Darstellung der Benennungen gewählt.

Mit Hilfe des dargestellten Modells lassen sich nun konkrete Schulklassen und Lehrkräfte repräsentieren. Über den Bildungsgang *Elektroniker/-in für Geräte und Systeme* lassen sich alle konkreten EGS-Klassen in den Blick nehmen und über die zugeordneten Lehrkräfte dann auch die Gruppe der Lehrkräfte, die in EGS-Klassen unterrichtet, sichtbar machen (wenn man die kollektive Nutzung einer derartigen Ontologie denkt). Wei-

tere mögliche Gruppierungen sind Lehrkräfte an einer bestimmten Schule oder auch Lehrkräfte einer Schule, die in einer konkreten Klasse oder auch insgesamt in beliebigen konkreten EGS-Klassen am Standort unterrichten. Mit Hilfe der Repräsentation spezifischer Personen oder Personengruppen lassen sich im Weiteren dann auch Mechanismen etablieren, die individuelle Sichten auf Objekte abzubilden helfen. Zudem kennt das Modell auch Aggregationen von Lehrkräften zu Gruppen von Lehrkräften, deren Subklassen dann beispielsweise unterschiedliche schulische Konferenzen, wie z. B. die Klassenkonferenz, oder auch Arbeitsgruppen von Lehrkräften sein können.

Weitere für die Arbeit von Lehrkräften und damit für die Organisation digitaler Objekte bedeutsame Strukturen lassen sich an den Begriffen *Bildungsgang* und *Bildungsplan* festmachen. Diese sind, wie Abb. 78 zeigt, über eine Teil-Ganzes-Relation miteinander verbunden. Diese Relation unterscheidet sich von einer Teil-Ganzes-Relation, wie sie *Personen* und *Personengruppe* verbindet, insofern, als dass es sich hier eher um eine ideelle Zugehörigkeit handelt. Ein Bildungsgang ist in der Regel mit einem Bildungsplan verknüpft und im Weiteren mit Berechtigungen, die mit erfolgreicher Absolvierung des Bildungsganges erworben werden.

Hier wie an anderen Stellen des Ontologie-Entwurfes muss die Frage beantwortet werden, ob die jeweilige ontologische Repräsentation betrachteter Differenzierungen im Sinne der Zielsetzungen der Ontologie produktiv ist. Wird über das notwendige Maß hinaus differenziert, entsteht eine unnötig komplexe Ontologie, deren Anwendbarkeit dadurch erschwert ist. Fehlen hingegen bedeutsame Differenzierungen, so müssen Dinge zusammengefasst betrachtet werden, die doch eigentlich hätten unterschieden werden sollen. Damit ist auch ein weiteres Mal deutlich, dass das Ziel der Ontologien mit Nichten die möglichst exakte Abbildung einer ontischen Welt ist. Für die Relation zwischen den Begriffen *Bildungsgang* und *Bildungsplan* erscheint die Verwendung der Teil-Ganzes-Relation zu diesem Zeitpunkt das geeignete Maß an Genauigkeit bzw. Ungenauigkeit zu sein, eine spätere Revision dieser Setzung ist davon unbenommen möglich.

Wendet man sich der Klasse *Bildungsgang* zu, so finden sich zahlreiche spezielle Bildungsgänge, die als Unterklassen (oder in anderer Perspektive auch Instanzen) der Klasse *Bildungsgang* abgebildet werden können. In Abb. 78 sind einige Bildungsgänge dargestellt, die an Beruflichen Schulen zu finden sind. Die Modellierung derselben

bietet wiederum Gestaltungsfreiräume⁴⁴. Die vorzufindenden Bildungsgänge lassen sich allesamt als Unterklassen von *Bildungsgang* etablieren oder durchaus auch weiter differenzieren, wie im Falle der Unterklasse *Dualer Ausbildungsberuf* zu sehen ist.

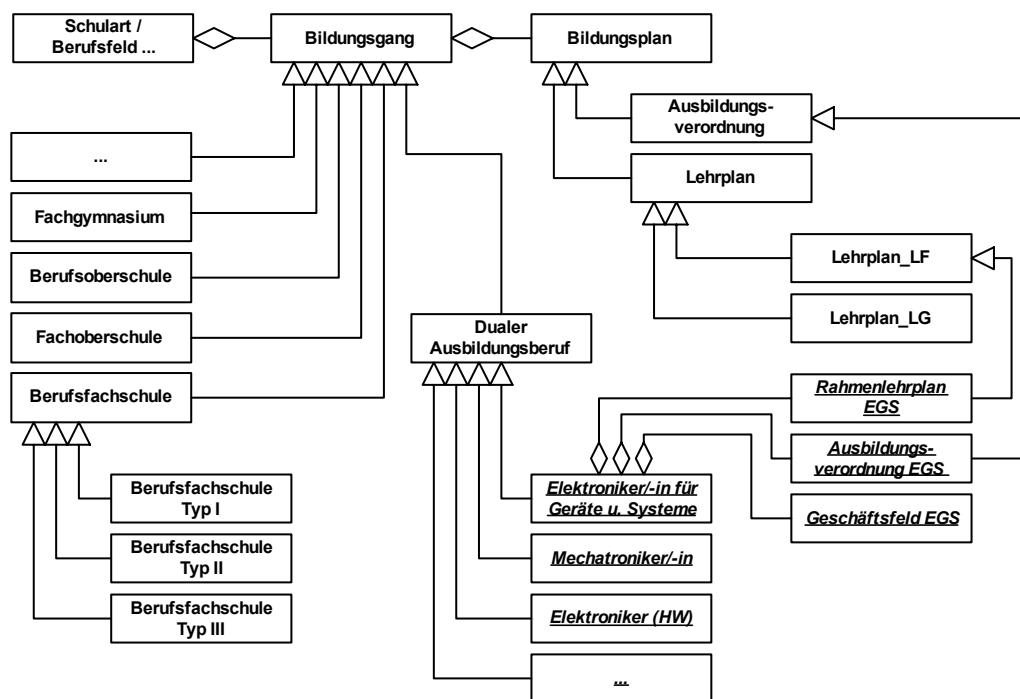


Abb. 78: Modelle für Bildungsgang und Bildungsplan

Wendet man sich nun der in Abb. 78 auf der rechten Seite dargestellten Kategorie *Bildungsplan* zu, so hat diese die zwei Unterklassen *Ausbildungsverordnung* und *Lehrplan*. Diese Differenzierung erfolgt mit Blick auf die Gegebenheiten der dualen Berufsausbildung, die nachfolgend eine besondere Berücksichtigung findet. Gleiches gilt für die Unterklassen *Lehrplan_LF* und *Lehrplan_LG*. Mit diesen lassen sich die eher arbeits- und prozessorientiert ausgestalteten lernfeldstrukturierten Lehrpläne (*Lehrplan_LF*) der in den letzten fast zehn Jahren neu geordneten Ausbildungsberufen von den noch eher fachsystematisch strukturierten und nach Lerngebieten gegliederten älteren Lehrplänen (*Lehrplan_LG*) unterscheiden, wobei im Weiteren nur der erstgenannte Typ betrachtet wird.

⁴⁴ Das hier exemplarische Einfügen der Unterklasse Berufsfachschule kann durchaus in Frage gestellt werden: So verbirgt sich in Schleswig-Holstein hinter der Berufsfachschule vom Typ III eine schulische Berufsausbildung, während die Berufsfachschule vom Typ I vorrangig dazu dient, Hauptschulabsolventen einen mittleren Bildungsabschluss zu verschaffen. Auf der anderen Seite kann die Berufsfachschule vom Typ I auch stellvertretend für das erste Jahr einer Dualen Berufsausbildung als Berufsgrundbildungsjahr angerechnet werden usw. Mit Blick auf eine hier nicht angestrebte Vollständigkeit der in der Ontologie repräsentierten Bildungsgänge wäre sicher auch noch zu klären, wie sich föderale Unterschiede geeignet repräsentieren lassen.

Ein konkreter Bildungsgang ist die Berufsausbildung in dem dualen Ausbildungsberuf *Elektroniker/-in für Geräte und Systeme*. Ideelle Teile dieses Bildungsganges sind der *Rahmenlehrplan EGS*⁴⁵ vom Typ *Lehrplan_LF* und die *Ausbildungsverordnung EGS* vom Typ *Ausbildungsverordnung*. Zudem ist diesem Bildungsgang ein *Geschäftsfeld EGS* zugeordnet, dessen Erklärung dem nächsten Abschnitt vorbehalten ist.

5.3.2 Modelle der Berufsarbeit und Berufsausbildung

Ein Blick auf die Lernfelder des hier zugrunde gelegten Rahmenlehrplanes für *Elektroniker/-in für Geräte und Systeme* zeigt, dass die in den Lernfeldern zusammengefassten Inhalte sich im Bündel einer Einordnung in fachorientierte Ordnungskategorien widersetzen. Ihr in der Regel interdisziplinäres Miteinander gründet auf den spezifischen Bedingtheiten bedeutsamer beruflicher Arbeitsprozesse. Eine Auflösung dieses Miteinanders ginge mit einem Verlust an struktureller Information einher. Eine an der Berufsarbeit und deren Arbeitsprozessen orientierte Strukturierung von Inhalten vermeidet diesen Verlust und stellt Lehrkräften ein „... Hilfsmittel zur Gestaltung und zur Begründung von Lernszenarien ...“ (PANGALOS / KNUTSEN 2000, S. 110) zur Verfügung.

Ein Arbeitsprozess ist nach PANGALOS / KNUTSEN ein durch einen betrieblichen Arbeitsauftrag und ein Arbeitsergebnis begrenzter vollständigen Arbeitsablauf, der die Phasen Planen, Durchführen, Prüfen und Bewerten enthält. Seine zentralen Elemente sind „... Arbeitspersonen, Arbeitsmittel, Arbeitsprodukte und Arbeitstätigkeiten.“, wobei „... im Allgemeinen mehrere Arbeitspersonen in unterschiedlichen Funktionen mit unterschiedlichen Berufen und unterschiedlichen Qualifikationen beteiligt.“ sind (ebenda, S. 110 f.). Arbeitsprozesse dienen einerseits als analytische Kategorie beruflicher Handlungssysteme wie andererseits als strukturierendes Element zur Entfaltung von Handlungsfeldern im Sinne einer prospektiven Weiterentwicklung der Berufsarbeit. Derartig ausgestaltete Handlungsfelder stellen einen wichtigen Bezugspunkt zur didaktischen Entfaltung von Lernfelder dar (vgl. HÄGELE 2002, S. 245).

HÄGELE gliedert Arbeitsprozesse in mehrere Arbeitsprozessschritte und ordnet diesen als äußere Arbeitszusammenhänge gesellschaftliche, betrieblichen und kundenbezoge-

⁴⁵ Dieser steht stellvertretend für die in den einzelnen Bundesländern verordneten und häufig identischen Lehrpläne dieses Ausbildungsberufes.

nen Einflussfaktoren bzw. Anforderungen zu. Als innere Arbeitszusammenhänge werden den Arbeitsprozessschritten Arbeitsmittel und Arbeitsmethoden sowie Handlungsschritte zugeordnet (vgl. ebenda S. 246 f.). „*Handlungsschritte* weisen einen prozessualen Charakter auf ... [und] umfassen informierende, planende, entscheidende, durchführende, kontrollierende und bewertende Aufgaben.“ (ebenda, S. 247). Typische Arbeitsprozessschritte sind z. B. die Angebotsplanung oder die Auftragsdurchführung, wobei die Abfolge von Schritten immer als eine idealisierte Repräsentation von Prozessen zu betrachten ist. Stellt sich im Zuge einer Durchführung heraus, dass Planungsfehler gemacht wurden, so ist natürlich ein Schritt zurück zu gehen und erneut zu Planen. Ein Arbeitsprozessschritt der Durchführung ohne vorangegangene Planung ergibt jedoch keinen Sinn. Den Versuch einer Adaption dieses Modells als hier sogenanntes *Hamburger Modell* zeigt Abb. 79.

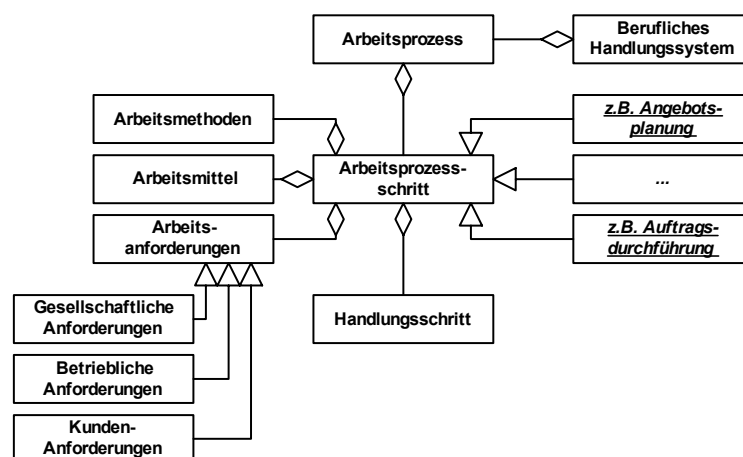


Abb. 79: Zentrale Aspekte des *Hamburger Modells* der Berufsarbeit

Ein ähnliches Modell der Berufsarbeit wurde von PETERSEN / WEHMEYER im Rahmen der Evaluation der IT-Berufe entwickelt und eingesetzt (vgl. PETERSEN / WEHMEYER 2001) und im Weiteren von PETERSEN als Instrument zur Gestaltung arbeitsorientierter Lehr-/ Lernszenarien in der beruflichen Bildung zur Anwendung gebracht (vgl. PETERSEN 2003). Der im Weiteren als *Flensburger Modell* bezeichnete Ansatz unterscheidet konsequent konkrete Prozesse der Berufsarbeit und aus der Aggregation und Generalisierung dieser abgeleitete Felder. Eine mögliche Adaption des Modells zeigt Abb. 80.

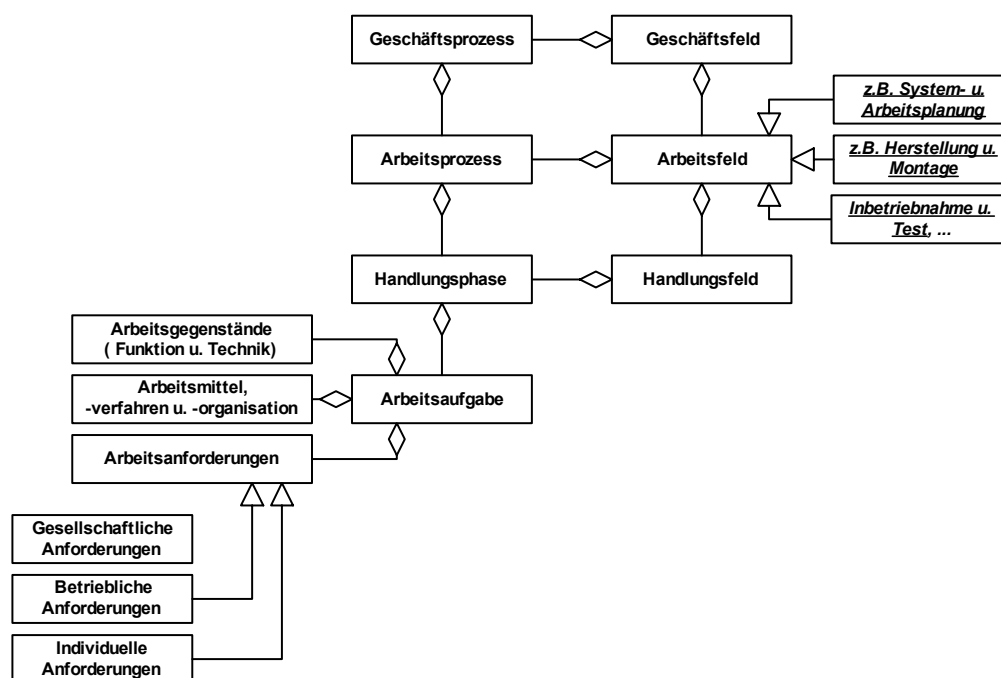


Abb. 80: Zentrale Aspekte des *Flensburger GAHPA/GAHFA-Modells* der Berufsarbeit

Im Fokus des Modells stehen Geschäftsprozesse, die von PETERSEN in arbeitsorientierter Perspektive wie folgt definiert werden:

„Geschäftsprozesse sind durch die Arbeit zur Wertschöpfung in der Form jeglicher Produkte oder Dienstleistungen definiert, die sich als Gesamtheit der Geschäftsprozessarbeit mit ihren Inhalten und Anforderungen in den Strukturen von betrieblichen Arbeitsprozessen, Handlungsphasen und Arbeitsaufgaben beschreiben lässt und die in der Regel in der Zusammenarbeit von einer Vielzahl von Personen und Fachkräften mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Kompetenzen zum Ziel der jeweiligen Geschäftserfüllung ausgeführt wird.“ (PETERSEN 2003).

Ausgangspunkt eines Geschäftsprozesses ist einerseits ein Bedarf an Produkten oder Dienstleistungen und andererseits ein hierzu passendes Wertschöpfungsangebot. Der Geschäftsprozess umfasst in diesem Zusammenhang alle mit dem Vollzug des Geschäftes verbundenen Arbeiten. Geschäftsprozesse können sich innerbetrieblich wie auch in Relation zu betriebsexternen Kunden vollziehen. Geschäftsprozesse sind ggf. sehr komplexe Prozesse, die sich nach sachlogischen wie zeitlichen Kriterien in Arbeitsprozesse, und diese nach gleichen Kriterien wiederum in Handlungsphasen gliedern lassen. Die Anzahl der zu unterscheidenden Arbeitsprozesse hängt dabei im Einzelfall von dem Umfang und Gegenstand des Geschäftes wie verbunden damit auch von der Branche, Betriebsgröße und der Betriebs-, Ablauf- und Arbeitsorganisation ab. Die Anzahl der

Handlungsphasen und deren Ausmaß ist nach PETERSEN so anzulegen, dass zeitlich parallel liegende, verschachtelte oder wiederkehrende Arbeiten innerhalb einer Handlungsphase gegliedert sind. Zudem bestimmen natürlich insbesondere auch die Gegenstände der Arbeitsprozesse im Kontext der jeweils spezifischen betrieblichen Bedingtheit die Anzahl der sinnvoll zu unterscheidenden Handlungsphasen. Innerhalb der Handlungsphasen sind schließlich Arbeitsaufgaben angesiedelt, die sich nicht weiter sinnvoll untergliedern lassen (vgl. PETERSEN 2003). Die inhaltliche Beschreibung von Arbeitsaufgaben hat die Arbeitsdimensionen:

- Gegenstände der Facharbeit (Gebrauchswerte, Funktion und Technik),
- Mittel, Verfahren und Organisation der Facharbeit und
- Anforderungen an Technik und Facharbeit (betriebliche, gesellschaftliche, individuell)

zu berücksichtigen (vgl. ebenda, auch PETERSEN 1994, S. 169).

Auf der rechten Seite in Abb. 80 finden sich die schon erwähnten und eher statisch geprägten Felder, die sich aus der Aggregation und Generalisierung⁴⁶ konkreter Prozesse gewinnen lassen und je nach betrachtetem Ausschnitt dann z. B. zu unternehmensspezifischen oder auch branchenspezifischen Geschäftsfeldern führen (vgl. PETERSEN 2003). In einer berufsspezifisch angelegten Aggregation kommt man zu berufsspezifischen Geschäfts-, Arbeits- und Handlungsfeldern, die dann zentrale Bezugspunkte zur Schaffung arbeitsorientierter Curricula und zur Ausgestaltung darauf basierender arbeitsorientierter Lehr-/Lernszenarien darstellen. Die Gesamtheit der schulischen und betrieblichen Ausbildungsvorgaben sind idealtypisch am spezifischen beruflichen Geschäftsfeld orientiert.

Die durch PETERSEN vorgenommene substantielle Differenzierung konkreter singulärer Prozesse von Feldern, die sich aus einer nach spezifischen Kriterien ausgewählten Gesamtheit dieser ableiten lassen, findet sich auch in der Arbeit von Lehrkräften ent-

⁴⁶ Die in Abb. 80 gewählte Teil-Ganzes-Beziehung zwischen Geschäftsprozessen und Geschäftsfeld wie auch Arbeitsprozessen und Arbeitsfeld stellt eine Vereinfachung dar, die insbesondere zum Ausdruck bringt, dass sich z. B. ein Geschäftsfeld aus einer Vielzahl von unter bestimmten Kriterien zusammengefassten Geschäftsprozessen konstituiert. Alternativ ließen sich hierfür auch spezielle Relationen definieren, die dann auch zum Ausdruck brächten, dass natürlich mit dem Übergang von Prozessen zu einem entsprechenden Feld gleichzeitig eine Abstraktion und Generalisierung verbunden ist.

sprechend wieder. Lernfelder stecken idealtypisch den für den betrachteten Ausbildungsberuf sinnvollen Rahmen des in einer verallgemeinerten Perspektive im schulischen Teil der Ausbildung zu Lernenden ab. Die Ausgestaltung von Lehr-/Lernszenarien erfordert stets eine Konkretisierung und im Prinzip Instanzierung des Feldes. Diese ist neben dem mit ihr zu erzielenden Lernerfolg auch an ihrem Vermögen, die Bewältigung konkreter beruflicher Prozesse vorzubereiten, zu messen. Sie hat sich damit zum einen im Rahmen der Lernfelder zu bewegen, sich zum anderen aber stets auch an konkreten beruflichen Arbeitsprozessen und Arbeitsprozessschritten bzw. Handlungsphasen zu orientieren.

Eine prospektiv ausgerichtete Ontologie zur Organisation digitaler Objekte sollte es daher gestatten, auch derartige Bezüge abzubilden, was, wie nachfolgend erläutert, mit Bedacht zu geschehen hat. Als zentraler Bezugspunkt der schulischen und betrieblichen Ausbildungsvorgaben fungiert ein spezifisches berufliches Geschäftsfeld, das stets ein normatives Konstrukt darstellt (vgl. RAUNER 2002, S. 537). Komplexere reale Geschäftsprozesse vollziehen sich im Allgemeinen jedoch unter Beteiligung vieler Personen mit unterschiedlichen Berufen und Professionen, mithin unter Einbeziehung unterschiedlichster beruflicher Geschäftsfelder. Eine enge Anlehnung schulischer Lehr- und Lernszenarien an derartige berufsübergreifende Geschäftsprozesse hätte bildungsgangübergreifend zu erfolgen und würde als schulischer Regelfall gedacht die derzeit verbreitete ausbildungsberufsspezifische Klassenorganisation beruflicher Schulen nachhaltig in Frage stellen. In der Regel können jedoch innerhalb komplexer Geschäftsprozesse Teilprozesse gefunden werden, die für sich genommen auch als Geschäftsprozess innerhalb eines komplexeren Geschäftsprozesses betrachtet werden können und denen deutliche Bezüge zu bestimmbareren Berufen zu Eigen sind. Zudem sind auch Geschäftsprozesse innerhalb kleinerer Betriebe z. B. des Elektrohandwerkes zu finden, die in ihrer Gesamtheit einem Beruf zuzuordnen sind. Generell lässt sich feststellen, dass mit abnehmender Reichweite der betrachteten Prozesse bzw. Prozessteile eine zunehmende Konzentration auf einzelne Akteure wie damit verbunden auch auf spezifische Ausbildungsberufe erfolgt.

Ein mit Blick auf die Entwicklung einer Ontologie durchgeführter Vergleich der oben dargestellten Modelle der Berufsarbeit bringt gewisse Differenzen und damit auch Strukturierungsalternativen hervor, die im Weiteren diskutiert werden. Zunächst ist festzustellen, dass das Flensburger Modell oberhalb der auch im Hamburger Modell zu

findenden Arbeitsprozesse Geschäftsprozesse ansiedelt. Gleichzeitig entspricht die dem Hamburger Modell eigene Definition von Arbeitsprozessen mit hoher Deckung dem, was im Flensburger Modell als Geschäftsprozess verstanden wird. PETERSEN folgend, hängt die Anzahl der einen Geschäftsprozess bildenden Arbeitsprozesse vom jeweiligen Umfang und Gegenstand des Geschäftes wie damit verbunden auch von der Branche, Betriebsgröße und der Betriebs-, Ablauf- und Arbeitsorganisation ab (vgl. PETERSEN 2003). Mit Blick auf komplexe Geschäftsprozesse und der in größeren Unternehmungen häufig vorzufindenden Arbeitsorganisation bietet die im Flensburger Modell zu findende zusätzliche Ebene den Vorteil, auch diese geeignet abbilden zu können. Zudem kann das Miteinander der an einem komplexen Geschäftsprozess beteiligten Organisationseinheiten durchaus auch als ein innerbetriebliches Geschäft aufgefasst werden, so dass sich hier auch die als Geschäft aufgefassten Hamburger Arbeitsprozesse integrieren lassen. In komplexer angelegten Geschäftsprozessen fungieren Arbeitsprozesse damit als Stellvertreter für die diesen eigenen Teilgeschäfte, die für sich genommen leistbare Geschäfte darstellen und deren Miteinander häufig ein Abbild innerbetrieblicher Formen der Arbeitsorganisation ist. In im Umfang sehr begrenzten Geschäftsprozessen schließt es das Flensburger Modell nicht aus, dass dem Geschäftsprozess ggf. auch nur ein einzelner Arbeitsprozess zugeordnet wird, mithin in diesem Spezialfall Geschäfts- und Arbeitsprozess im Prinzip zusammenfallen.

Während in der Perspektive eines Ausbildungsberufe Gestaltenden eine Vielzahl breit und interdisziplinär angelegter Geschäftsprozesse eine gute Ausgangsbasis zur Klärung der Frage darstellt, wie ein Ausbildungsberuf sinnvoll abgegrenzt und ausgestaltet werden kann, ist es in der Perspektive einer Lehr-/Lernszenarien gestaltenden Lehrkraft in einem ersten Schritt hilfreicher, den Blick auf die berufsspezifisch relevanten Geschäfts- und Arbeitsprozesse zu richten. In einem zweiten Schritt sind dann natürlich auch in Geschäftsprozessen realisierte Schnittstellen zu anderen Berufen durchaus bedeutsam. Dieser Einsicht folgend, sollte eine Ontologie für Lehrkräfte eine Perspektive auf ein ausbildungsberufsspezifisches Geschäftsfeld bieten, was dann dem in Abb. 79 dargestellten beruflichen Handlungssystem entspricht und die Grundlage der entsprechenden Berufsausbildung bildet.

Innerhalb der einem Ausbildungsberuf zuzuordnenden Arbeitsprozesse lassen sich Gruppierungen ähnlicher Arbeitsprozesse zu Arbeitsfeldern vornehmen (vgl. Abb. 80). Eine solche Gruppierung kann unterschiedlichen Merkmalen folgen. Denkbar ist die

Einordnung in eine Art Ablauflogik übergeordneter Geschäftsprozesse beispielsweise im Sinne von Prozessen der Erzeugung und Herstellung, Prozessen der Veränderung, Anpassung und Erweiterung und Prozessen der Wartung und Instandhaltung. Eine Ordnung nach den Arbeitsprozessen untergeordneten Phasen ergibt sich bereits in der weiteren Logik des Prozessmodells in Abb. 80 bzw. auch in Abb. 79 und verbietet sich daher bei Betrachtungen innerhalb einer Ebene. Einen weiteren und mit Blick auf die Verschränkung von prozessorientierten mit fach- und sachorientierten Strukturierungen wichtigen Bezugspunkt bilden die Gegenstände und Inhalte der jeweiligen Arbeitsprozesse. Derart ausgeprägte Arbeitsfelder bilden dann einen direkten Bezugspunkt zur Ausgestaltung von Lernfeldern⁴⁷, verstanden als „... thematische Einheiten, die an beruflichen Aufgabenstellungen und Handlungsabläufen orientiert sind.“ (KMK 2000, S. 14) und die es ermöglichen sollen, in der handlungsorientierten Umsetzung fach- und handlungssystematische Strukturen miteinander zu verschränken (vgl. ebenda S. 14).

Arbeitsprozesse sind in der Regel komplexe Vorgänge, die sich einer weiteren an der Verlaufslogik orientierten Strukturierung offen zeigen. Das Flensburger Modell gliedert, wie bereits dargestellt, Arbeitsprozesse in Handlungsphasen und diese schließlich in Arbeitsaufgaben, die sich nicht weiter sinnvoll zerlegen lassen. Die Grenze der Gliederung ist durch die Anforderung gegeben, „... selbständigem Planen, Durchführen und Beurteilen von Arbeitsaufgaben ...“ genügend Raum zu geben, das Planen also nicht von der Durchführung oder der Beurteilung zu trennen (KMK 2000, S. 10). Das Hamburger Modell gliedert Arbeitsprozesse in gleicher Weise, bedient sich jedoch der Benennungen *Arbeitsprozessschritt* und *Handlungsschritt*, was mit Blick auf die den Arbeitsprozessschritten des Hamburger Modells entsprechenden Handlungsphasen des Flensburger Modells leicht zu Verwechslungen führt. Auch für das Hamburger Modell gilt, dass die kleinste Einheit der Handlungsschritte „... informierende, planende, entscheidende, durchführende, kontrollierende und bewertende Aufgaben.“ umfasst (HÄGELE 2002, S. 247).

⁴⁷ In der Praxis ist die Lernfeldgestaltung unterschiedlich gut gelungen. So sind z. B. die Lernfelder der IT-Berufe noch stark fachorientiert ausgeprägt, eine sinnvolle prozessorientierte unterrichtliche Umsetzung gelingt nur unter Bezugnahme auf mehrere Lernfelder (vgl. PETERSEN / BEHNEMANN / KAPELLE 2001, S. 142 f.). Im Gegensatz dazu sind die Lernfelder der neu geordneten Elektroberufe, z. B. die des hier zugrunde gelegte Rahmenlehrplanes für Elektroniker/-innen für Geräte und Systeme, so konstruiert, dass sich auch unter Beschränkung auf einzelne Lernfelder sinnvolle prozessorientierte Arrangements gestalten lassen. Das gesamte berufliche Geschäftsfeld erschließt sich natürlich erst in der Summe der behandelten Lernfelder.

Sind auch die Benennungen nicht identisch, so geht es doch in der Sache einheitlich darum, im Sinne des Arbeitens und Lernens wirksame Einheiten aus gedanklicher Vorwegnahme, Vollzug und im Zuge der Reflexion ablaufender Assimilations- oder Akkomodationsprozesse zu ermöglichen, mithin eine von HACKER auch als Handlung bezeichnete „... kleinste psychologische Einheit der willensmäßig gesteuerten Tätigkeiten.“ nicht zu zerstören (HACKER 2005, S. 69). Und in entgegengesetzter Blickrichtung lassen sich aus derartigen elementaren Handlungen komplexere arbeitsbezogene Prozesse und aus diesen ggf. nochmals komplexere Prozesse bilden, die dann ihrerseits wiederum einer Logik des Planens, Durchführens, Prüfens und Bewertens und den damit verbundenen Regulationsmechanismen folgen. Auch diese gilt es im Sinne vollständiger Arbeitsprozesse zu erhalten, da eine erfolgreiche Ausübung von Berufsarbeit es erfordert, auch Wissen zu übergeordneten Gesamtzusammenhängen von Arbeits- und Geschäftsprozessen zu haben, auch wenn sich die eigene Arbeit ggf. nur auf Teilbereiche konzentriert (vgl. FISCHER 2000, S. 36 f.). Und damit ist natürlich auch der Bereich beruflicher Bildung aufgefordert, den Erwerb derartigen Arbeitsprozesswissens zu ermöglichen und zu fördern.

Im idealisierten Modell zeigt sich damit eine „hierarchisch-sequentielle Organisation“ von Arbeiten in der Art zirkulär verschränkter „regulativer Funktionseinheiten“. In der Praxis ist eine dergestaltige eindeutige Zumessung von Phasen und Ebenen nicht unbedingt möglich, da es sich hierbei letztlich um unterschiedliche Perspektiven und Aspekte ein und desselben Vorganges handelt (HACKER 2005, S. 217 ff.). Regulative Einheiten des Planens, Durchführens und Bewertens finden sich auf der Ebene der Arbeitsprozesse konstituierenden Arbeitsprozessschritte in Abb. 79 wieder (vgl. auch HÄGELE 2002, S. 246 bzw. PANGALOS / KNUITSEN 2000, S. 114 f.) und sie sind natürlich auch den Lernfeldern des hier zugrunde gelegten Rahmenlehrplanes unterlegt worden. So wie diese Logik auf der Ebene elementarer Handlungen eine notwendige Voraussetzung des individuellen Lernens darstellt, könnte dieselbe auf der Ebene komplexerer und unter Beteiligung mehrerer Individuen ablaufender Prozesse des Arbeitens dann als eine Art Voraussetzung für ein soziales und organisationales Lernen aufgefasst werden.

Dem Flensburger Modell folgend, wird eine Arbeitsaufgabe in den schon angeführten und in Abb. 80 dargestellten drei Arbeitsdimensionen Arbeitsgegenstände, Arbeitsmittel, -verfahren und -organisation sowie Arbeitsanforderungen inhaltlich beschrieben. Im in Abb. 79 dargestellten Hamburger Modell finden sich ähnliche Inhaltsdimensionen,

wobei Arbeitsmittel und Arbeitsmethoden als eigene Dimensionen auftreten. Zudem gliedern sich die Anforderungen dort in gesellschaftliche und betriebliche Anforderungen sowie in Kundenanforderungen, während das Flensburger Modell statt der Kundenanforderungen individuelle Anforderungen nennt. Arbeitsgegenstände finden sich im Hamburger Modell auf einer anderen Ebene wieder, sie manifestieren sich in dem jedem Arbeitsprozess eigenen Arbeitsprodukten und Arbeitsergebnissen (vgl. PANGALOS / KNUTSEN 2000, S. 110). Eine weitere bedeutsame Differenz ist darin zu sehen, dass die Zuordnung der genannten Dimensionen im Flensburger Modell auf der untersten Ebene der Arbeitsaufgaben erfolgt, während das Hamburger Modell eine Zuordnung auf der nächst höheren Ebene vornimmt. Mit Blick auf die unterschiedlichsten Ebenen des Planens, Durchführens und Bewertens könnte in einer weiter verallgemeinerten Perspektive jeder dieser Ebenen auch ein eigenes, der jeweiligen Abstraktionsstufe angemessenes Bündel an Inhaltsdimensionen zugeordnet werden.

Abb. 81 zeigt den Versuch eines mit Blick auf die Organisation digitaler Objekte in der Arbeit von Lehrkräften und in engem Bezug zu den eben diskutierten Modellen stehenden vereinheitlichten Modells der Berufs- und Lernarbeit. Es übernimmt die dem Flensburger Modell zugrunde liegende Differenzierung von Geschäftsprozessen und Teilen dieser sowie deren Verallgemeinerung zu Feldern, wobei die Benennung *Handlungsphasen* zur Vermeidung möglicher Verwechslungen mit den Hamburger *Handlungsschritten* wie auch zur Vermeidung des Eindruckes, hier würden im Sinne der angeführten Definition HACKERS unzertrennbare Handlungen nun doch in Phasen gegliedert, durch die Benennung *Arbeitsprozessphase* ersetzt wurde.

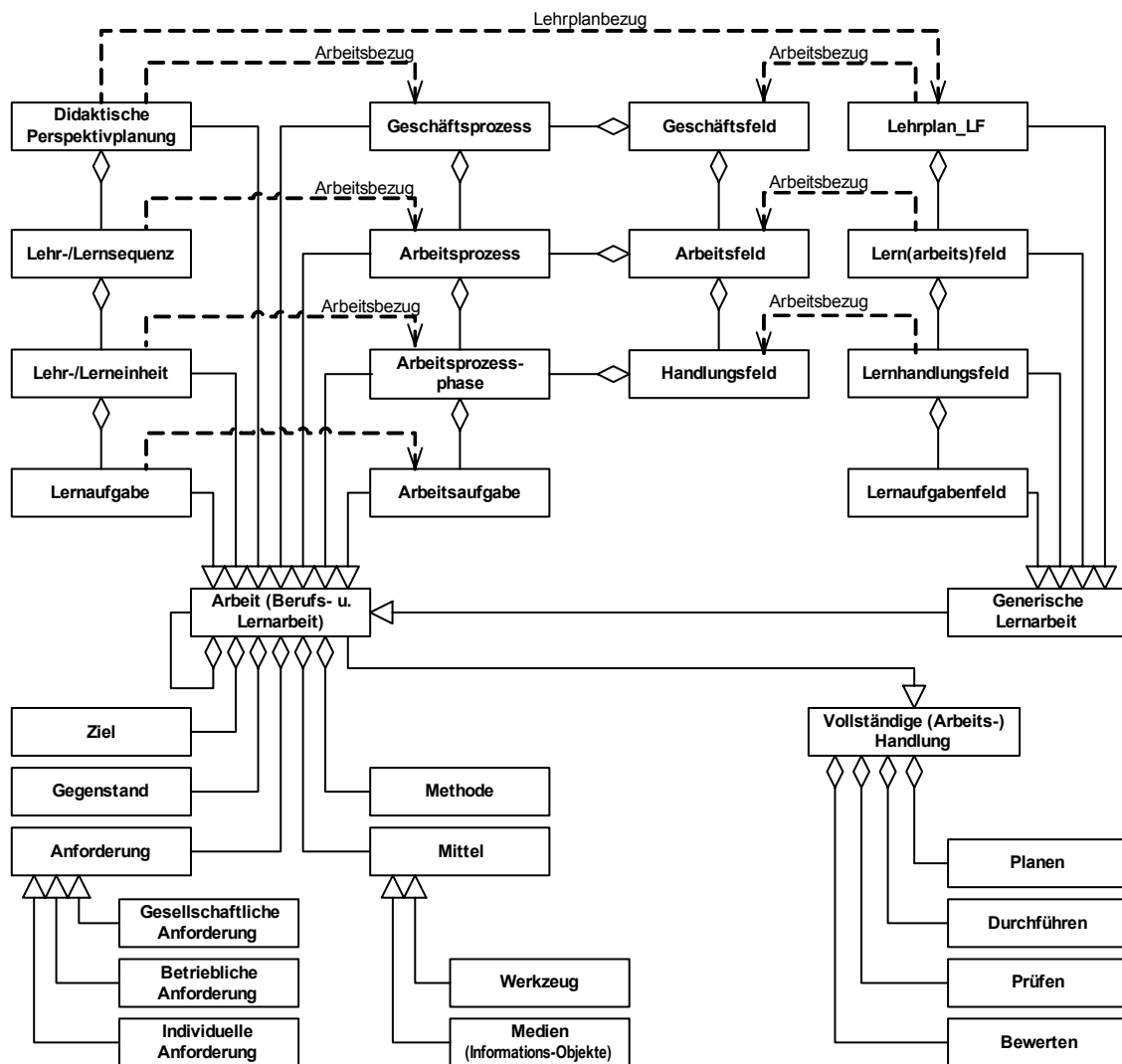


Abb. 81: Vereinheitlichtes Modell der Berufs- und Lernarbeit

Zudem führt das vereinheitlichte Modell eine abstrakte Klasse *Arbeit* ein. *Arbeit* setzt sich aus *Arbeit* zusammen, so dass insgesamt unterschiedlich umfangreiche Arbeiten in der Klasse *Arbeit* zusammengefasst werden können. *Arbeit* ist zielgerichtet und somit mit vollständigen Handlungen und der damit verbundenen idealisierten Verlaufslogik des Planens der Zielerreichung, der Durchführung und des Prüfens und Bewertens verbunden. Im Modell ist dies vereinfacht dadurch realisiert, dass *Arbeit* als Instanz bzw. Unterklasse von *Vollständige (Arbeits-)Handlung* angelegt ist. Inhaltlich ist *Arbeit* durch die Klassen *Ziel*, *Gegenstand*, *Methode*, *Mittel* und *Anforderung* beschrieben. Letztere können in Anlehnung an das Flensburger Modell gesellschaftlicher, betrieblicher oder individueller Art sein und sich zudem natürlich auch aus Kundenwünschen wie technischen Bedingtheiten ergeben.

Im Unterschied zu der im Flensburger Modell zu findenden Dimension der *Mittel, Verfahren und Organisation* unterscheidet das in Abb. 81 dargestellte Modell *Methode* und *Mittel*, wobei letztere *Werkzeuge* oder *Medien (Informations-Objekte)* sein können. Zudem existiert eine explizite Klasse *Ziel*. Die vorgenommenen Modifikationen begründen sich aus dem spezifischen Verwendungskontext der Ontologie als Organisations-Mittel im Kontext des Lehrens und Lernens. Die Ziele von Arbeiten erschließen sich zumindest in der Rückschau auf erfolgreich vollendete Prozesse aus deren Arbeitsergebnissen, indem diese auch als initial angestrebte Arbeitsergebnisse bzw. Ziele der Arbeit angenommen werden. In Kontexten des Lehrens und Lernens ist aber weniger das Analysieren vollendeter Arbeiten als vielmehr das initiative Gestalten eigener (Lern-)Arbeiten von zentraler Bedeutung.

In dieser Ausgangslage bietet eine explizit ausgewiesene Zieldimension des Arbeitens und auch Lernarbeitens gegenüber einer integrativen Zielbeschreibung im Kanon vielfältiger weiterer Anforderungen Vorteile. Ähnlich verhält es sich mit der vorgenommenen Differenzierung von *Methode* und *Mittel*. In der Betrachtung vollzogener Prozesse bedingen sich letztlich Methoden bzw. Verfahrens- und Organisationsweisen und Mittel immer gegenseitig und sind in deren Beschreibung kaum sinnvoll zu trennen. In der Planung von Arbeiten gilt es aber, genau dieses Miteinander durch eine geeignete Kombination verschiedener möglicher Methoden und Mittel auszugestalten. Indem Geschäftsprozesse, Arbeitsprozesse, Arbeitsprozessphasen und Arbeitsaufgaben insgesamt als (unterschiedlich komplexe) *Arbeit* modelliert werden, lassen sich diese nun auf ihren jeweils spezifischen Ebenen als vollständige (*Arbeits-*)*Handlungen* auffassen und auch in den angeführten inhaltlichen Dimensionen beschreiben.

In Ergänzung des vereinheitlichten Modells der Arbeit integriert Abb. 81 Ansätze eines Modells des arbeitsorientierten Lernens (vgl. PETERSEN 2005, S. 172 f.). Auf der rechten Seite findet sich die curriculare Dimension wieder. Der *Lehrplan* wie die hier nicht dargestellte Ausbildungsordnung eines Ausbildungsberufes orientieren sich in dem Modell an einem beruflich ausgeprägt gedachten Geschäftsfeld. Die Lernfelder eines Lehrplanes orientieren sich idealtypisch und dem Modell nach an den einen Ausbildungsberuf prägenden Arbeitsfeldern. Eine mögliche weitere und in den Lehrplänen explizit nicht vorzufindende Strukturierung der Lernfelder könnte sich dann an berufstypischen Handlungsfeldern orientieren und als *Lernhandlungsfelder* bezeichnet werden. Solche *Lernhandlungsfelder* lassen sich in dem in Abb. 81 dargestellten Modell

schließlich und mit Blick auf daraus abzuleitende *Lernaufgaben* in *Lernaufgabenfelder* gliedern.

Im Vergleich zu Geschäfts-, Arbeits- und Handlungsfeldern haben Lernfelder und ggf. weitere gedachte Strukturierungen in der Art von Lernhandlungsfeldern und Lernaufgabenfeldern einen anderen Charakter. Sie sind weniger an der Summe des Vorzufindenden und deren Generalisierung orientiert, sondern stellen vielmehr eine prospektive didaktische Auswahl und Transformation des Vorzufindenden in der Art generischer Lernarbeiten dar. Deren Eigenart liegt darin, dass sie auf der einen Seite zwar durchaus sehr konkret formuliert sind, auf der anderen Seite aber immer in einem gewissen Grad inhaltlicher Unbestimmtheit hinsichtlich der Gegenstände, Anforderungen, Methoden oder Mittel gehalten sind und somit immer auch ein Feld möglicher Konkretisierungen beschreiben. In diesem Sinne sind generische Lernarbeiten spezielle Arbeiten, nämlich solche, die sich erst nach weiteren, insbesondere auch durch Lehrkräfte zu gestaltenden Konkretisierungen angehen lassen. Lernaufgaben lassen sich in diesem Sinne durch eine alle Freiheitsgrade beseitigende Konkretisierung generischer Lernarbeiten auf der Ebene von Lernaufgabenfeldern gewinnen (die entsprechende Relation in Abb. 81 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht eingezeichnet worden).

Auf der linken Seite in Abb. 81 finden sich dann Klassen wieder, die konkrete Prozesse des Lehrens und Lernens repräsentieren. Eine didaktische Perspektivplanung konkretisiert die eher abstrakten Vorgaben des Lehrplanes unter Berücksichtigung spezifischer schulischer Gegebenheiten wie insbesondere auch der Spezifika der jeweiligen Ausbildungsbetriebe und deren Geschäfts- und Arbeitsprozesse. Die *Didaktische Perspektivplanung* hat ausgewiesene Lehrplanbezüge. Daneben können natürlich, und dies ist aus dem eben genannten Grund ebenfalls nicht dargestellt, auch *Lehr-/Lernsequenzen* oder auch *Lernaufgaben* mit derartigen Lehrplanbezügen versehen werden. Auf Basis der didaktischen Jahresplanung werden dem Modell nach konkrete Lehr-/Lernsequenzen⁴⁸ für die Lernenden gestaltet, die sich in unterschiedliche und insbesondere an den zeitlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen der Schule orientierte Lehr-

⁴⁸ Alternativ könnte hier auch die zunehmend gebräuchliche Benennung *Lernsituationen* verwendet werden.

/Lerneinheiten gliedern lassen. Diese setzen sich schließlich aus konkreten Lernaufgaben zusammen.

Die genannten didaktisch orientierten Prozesskategorien haben sich idealtypisch an den entsprechenden Kategorien der Berufsarbeit zu orientieren. Zudem sind sie spezielle Formen von *Arbeit* und als solche durch die schon benannten Inhaltsdimensionen beschrieben wie auch in ihrem Verlauf als *Vollständige (Arbeits-)Handlung* charakterisiert. Der hier angedeutete *Arbeitsbezug* zu entsprechenden Prozesseinheiten der Berufsarbeit soll nur Tendenzen andeuten und ist nicht als an die entsprechenden Ebenen gebundene Entsprechung zu verstehen. Entscheidend ist allerdings, dass die Perspektivplanung oberhalb der Arbeitsprozesse angesiedelt ist und damit ggf. auch lernfeldübergreifend ausgestaltet werden kann, so dass auch größere Geschäftsprozesse als Orientierungspunkt möglich sind (vgl. PETERSEN 2005, S. 172).

Lernfeldstrukturierte Rahmenlehrpläne werden auf Grundlage der in den entsprechenden KMK-Handreichungen vorgegebenen Strukturen in vereinheitlichter Weise erstellt. Neben den hier nicht weiter thematisierten Vorbemerkungen enthalten Rahmenlehrpläne Lernfelder, die in die Sektionen *Zielformulierung* und *Inhalte* gegliedert sind (vgl. KMK 2000). Mit Hilfe der in Abb. 82 dargestellten Strukturen werden notwendige Bezüge zwischen lernfeldstrukturierten Lehrplänen und den beschriebenen Strukturen eines vereinheitlichten Modells der Berufs- und Lernarbeit ermöglicht.

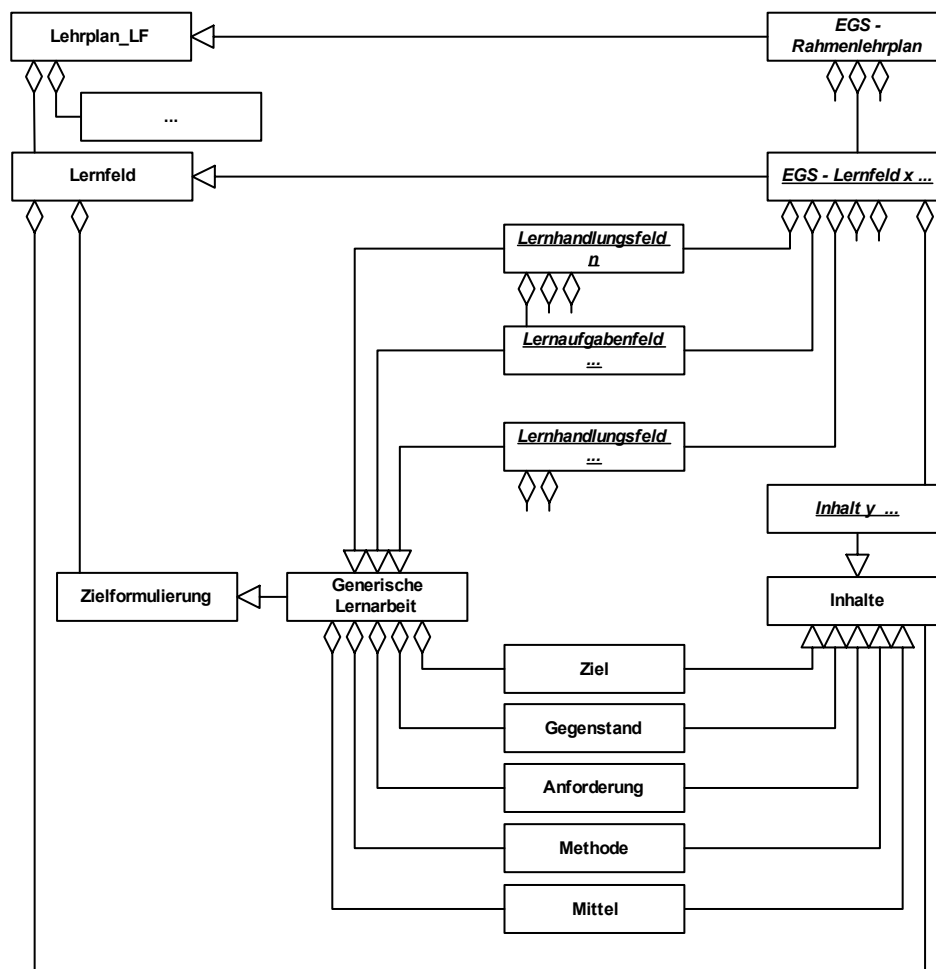


Abb. 82: Integrationsmodell für lernfeldstrukturierte Lehrpläne

Die eingeführte *Generische Lernarbeit* ist hier als eine spezielle Form der *Zielformulierung* definiert, so dass die weiter oben zur Strukturierung der Lernfeldzielformulierung eingeführten *Lernhandlungsfelder* bzw. *Lernaufgabefelder* so zu speziellen Formen der *Zielformulierung* werden. In der Sektion *Inhalte* werden in den Lehrplänen stichwortartig Inhalte benannt, die sich in der schon vorgenommenen Strukturierung in der erstgenannten Sektion als Ziel, Gegenstand, Anforderung, Methode oder Mittel zeigen. Beispielsweise ist als Zielformulierung und damit *Generische Lernarbeit* eine Arbeitsplanung durchzuführen, als korrespondierende Inhalte könnte man dann Nennungen wie *Arbeitsorganisation* oder auch *Projektmanagement* vorfinden. Die Inhaltsdimensionen der in den Lernfeldern vorzufindenden *Generischen Lernarbeit* liefern somit mögliche Inhalte von Lernfeldern.

5.3.3 Objektbezogene Modelle

Mit dem gewählten Ansatz, digitale Objekte im Rahmen einer Ontologie zu verorten, geht eine implizite Verortung und Beschreibung einher, die insbesondere Informationen über den äußeren Anwendungskontext eines Objektes liefert. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise Inhalt bzw. Gegenstand der mit dem Objekt verbundenen Informationen ableiten. Auch sind durch die Einbindung eines Objektes in Lehr-/Lernsequenzen eines bestimmten Bildungsganges Informationen über mögliche Anwendungskontexte und mögliche Zielgruppen gegeben. Den Relationen in Abb. 77 folgend sind sogar Informationen über den Verwender eines Objektes abzuleiten und im Rahmen einer Auswahl und Suche nutzbar. Daneben gibt es jedoch weitere, direkt dem Objekt zuzuordnende, bedeutsame Objektmerkmale, die sich auf diese Weise nicht immer sinnvoll abbilden lassen. Ein Beispiel hierfür ist das Erstellungsdatum eines Objektes. Eine mögliche Vorgehensweise ist in diesem Fall die Beiordnung entsprechender Metadaten⁴⁹ (vgl. Unterkapitel 2.3).

Hierbei ist jedoch mit Bedacht vorzugehen, so dass eine in Konkurrenz zur eigentlichen Ontologie stehende metadaten-basierte Parallelstruktur vermieden wird. Vor der Einführung neuer Metadatenkategorien ist daher stets sicher zu stellen, dass sich die gewünschte objektbezogene Information nicht in der Art von Relationen zu anderen bestehenden oder im Kontext sinnvoll zu ergänzenden Topics abbilden lässt. Für das oben angeführte Beispiel des Erstellungsdatums eines Objektes ist schnell zu erkennen, dass die Anzahl möglicher Ausprägungen dieser Kategorie im Prinzip unendlich ist. Da es kaum sinnvoll ist, für jedes erdenkliche Erstellungsdatum von Objekten eigene Topics einzuführen, um dann zu diesen Relationen der Art *wurde erstellt am* zu definieren, ist hier dann eine Beiordnung von Metadaten der sinnvollere Weg.

⁴⁹ Zur angestrebten exemplarischen Implementation der Ontologie als Topic Map nach XTM-Standard ist es für eine Beiordnung von Metadaten zunächst erforderlich, das entsprechende digitale Objekt in der Art eines eigenen Topics zu reifizieren. Diesem objektbezogenen Topic lassen sich dann Metadaten in der Art von Inline-Occurrences zuordnen, dies sind im Prinzip normale Occurrences, bei denen an Stelle des Verweises auf ein externes Objekt unmittelbar Text eingefügt werden kann. Nachteilig hieran ist die unterschiedliche Behandlung von Objekten abhängig davon, ob diesen ergänzende Metadaten zugeordnet sind oder nicht. Abhilfe schüfe hier, einheitlich mit Stellvertreter-Objekten zu arbeiten, also grundsätzlich jedes digitale Objekt zu reifizieren. Dieser Mehraufwand wäre aber nur zu rechtfertigen, wenn sich die Notwendigkeit der Zuordnung ergänzender Metadaten als Regelfall und nicht als Ausnahme erwiese. Einfacher geht es mit Topic Maps nach ISO 13250. Hier lassen sich den Occurrences mittels so genannter Facets unmittelbar Metadaten zuordnen, so dass diese Variante nicht unerhebliche Vorzüge bietet (vgl. PEPPER 2000).

Anders ist die Sache gelagert, wenn den in Abb. 61 (auf Seite 182) dargestellten Erhebungsergebnissen folgend, von Lehrkräften gefordert wird, einem Objekt die Information beizuordnen, dass es vorrangig für Lernende oder für Lehrkräfte geeignet ist (vgl. LOM-Kategorie *Intended End User Role* in Abschnitt 3.1.2). Hier ist mit Blick auf Abb. 77 (auf Seite 211) schnell festzustellen, dass entsprechende Topics Bestandteil der Ontologie sind. Um die entsprechenden Bezüge herzustellen, könnte eine Relation, wie z. B. *Anvisierter Nutzer*, eingeführt und angewendet werden. Verweist eine solche Relation auf eine konkrete Lehrkraft, wie z. B. *Norbert Z.*, so ist über die bekannte Relation, dass es sich bei *Norbert Z.* um eine Lehrkraft handelt auch ableitbar, dass es sich um ein für *die Hand von Lehrkräften* gedachtes Objekt handelt usw.

Letztlich ist es eine Frage des gewählten Organisationsansatzes, ob derartige und ähnliche Relationen eingeführt werden sollen, da diese mit einer objektzentrierten Perspektive der Organisation einhergehen. In dem hier gewählten ontologiebasierten Vorgehen soll aber vorrangig die entgegengesetzte Perspektive verwirklicht werden (vgl. Abschnitt 2.3.3). Digitale Objekte werden nicht zweckfrei erstellt und auf Vorrat verortet. Sie dienen Menschen in ihrem Lernen und Arbeiten und stehen so immer in Bezug zu irgendwelchen konkreten Berufsarbeiten oder Lernarbeiten, in denen sie beispielsweise als Werkzeug, unterstützendes Medium oder Anforderung in Funktion stehen. Es kommt in der Regel weniger darauf an, von einem Objekt ausgehend zu verschiedenen Aufgaben zu kommen, die sich damit lösen ließen. Entscheidend ist vielmehr, ausgehend von einer konkreten Aufgabe zu entsprechenden Objekten zu kommen, die zur Bewältigung und Lösung der Aufgabe hilfreich sind.

Hierzu kann man natürlich auch Objekte hinzuziehen, die in Bezug zu teilweise ähnlich gelagerten Aufgaben stehen. Ausgangspunkt aller Betrachtungen ist der Bedarf und nicht das Angebot. Dieses berücksichtigend hat die Ontologie Relationen bereit zu stellen, die es erlauben, die in bestimmten Bedarfssituationen von Objekten bereit gestellten Lösungsbeiträge und Lösungsfunktionen zu spezifizieren. Dass diese Relationen dann in umgekehrter Perspektive auch eine objektzentrierte Sicht auf unterschiedliche Anwendungsbezüge ermöglichen, kann durchaus produktiv sein. Gelegentlich ist es insbesondere im Kontext der Arbeit von Lehrkräften angezeigt, für zu erlernende Lösungen geeignete Probleme zu suchen.

An dieser Stelle in einer Vorausschau zu abschließenden Festlegungen zu kommen, welche Arten digitaler Objekte unterschieden werden sollen und welche weiteren objektbezogenen Informationen in der Art von Metadaten beigeordnet werden sollen, ist allein aufgrund der schon mehrfach erwähnten Vielfalt von Objekttypen schwierig. Eine Vorschau auf das hier zugrunde gelegte Begriffsfeld des Rahmenlehrplanes *Elektroniker/-in für Geräte und Systeme* fördert zahlreiche weitere Objekttypen zu Tage und eine begriffliche Anreicherung der Ontologie dürfte eine weitere Vielzahl neuer Typen ins Spiel bringen, so dass hier letztlich eine den Prozess der Ontologie-Nutzung stetig begleitende formative Evaluation dieses Teilaspektes wie natürlich auch der Ontologie insgesamt erforderlich ist. Die Beherrschung der angedeuteten Vielfalt gelingt insbesondere dann gut, wenn die entsprechenden Verortungsdimensionen und Kategorien in Form einer (Teil-)Ontologie organisiert werden, in der Generalisierungs-Spezialisierungs-Relationen wie auch solche, die Ähnlichkeiten ausdrücken, die Vielfalt begrenzen.

Wie dargestellt, lassen sich digitale Objekte den einzelnen Topics der Ontologie als Occurrences zuordnen, wobei eine Typisierung dieser Zuordnung mittels *Occurrence Types* zu erfolgen hat (vgl. Abb. 32 auf Seite 117). Mit der Definition geeigneter *Occurrence Types* ist damit die Möglichkeit gegeben, im Kontext der Zielsetzung besonders bedeutsame objektbezogene Informationen in exponierter Weise abzubilden. Unter Berücksichtigung der Erhebungsergebnisse kommt hierfür beispielsweise die didaktische Funktion eines Objektes im Kontext des Lehrens und Lernens in Frage. In Abschnitt 1.2.4 werden derartige didaktische Funktionen, wie z. B. *Klassenarbeit* oder *Selbstlernmaterial*, benannt. Ähnliche und auch weitere solche Funktionen liefert die Kategorie *LearningResourceType* des LOM-Standards. Zudem finden sich dort auch Kategorien, die sich eher auf die Medienart bzw. Struktur von Objekten beziehen, wie z. B. *Table* (vgl. Abschnitt 3.1.2). Da auch derartige Objektklassifizierungen in manchen Situationen durchaus hilfreich sind, ist auch die allgemein angelegte DC-Kategorie *Type* mit zu berücksichtigen, die weitere derartige Kategorien kennt und folgendes Vokabular vorsieht: *Collection*, *Dataset*, *Event*, *Image*, *InteractiveResource*, *MovingI-*

Image, *PhysicalObject*, *Service*, *Software*, *Sound*, *StillImage*, *Text*⁵⁰. Die schon angedeutete Vorschau auf das zugrunde gelegte Begriffsfeld des Lehrplanes fördert zahlreiche weitere spezielle Typen digitaler Objekte zu Tage, die in der Berufsausbildung und im späteren Berufsalltag der Lernenden eine zentrale Rolle spielen. Hat eine Lehrkraft berufsnahe und arbeitsorientierte Lehr-/Lerneinheiten zu gestalten, so schließt dies die Einbeziehung solcher berufsrelevanter Objekte ein. Die Möglichkeit einer entsprechenden Kategorisierung unterstützt dieses.

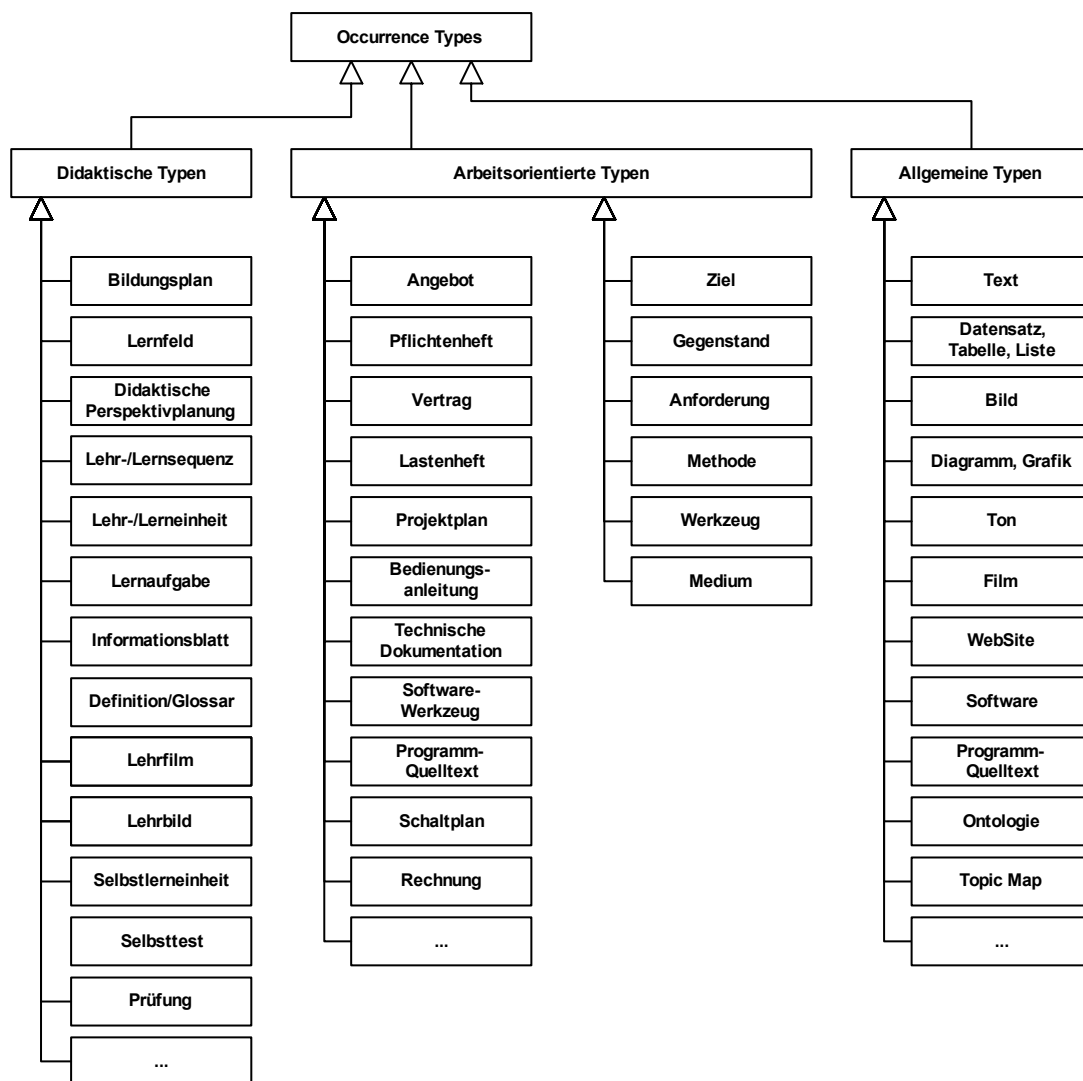


Abb. 83: Occurrence-Typen digitaler Objekte

⁵⁰ Die zunächst etwas verwirrende Unterscheidung zwischen *Image*, *StillImage* und *MovingImage* ist historisch bedingt. Unter der im Jahr 2000 definierten Benennung *Image* wurden zunächst statische wie auch bewegte Bilder zusammengefasst, was sich wohl als nicht so glückliche Entscheidung erwies. Im Jahr 2003 wurde dann eine Unterscheidung dieser Formen vorgenommen, wobei die alte Kategorie aus Konsistenzgründen beibehalten wurde (vgl. DCMI 2004).

Eine erste pragmatische Auswahl geeignet erscheinender Occurrence-Typen zeigt Abb. 83. Die dort angeführten konkreten Typen sind entsprechend den unterschiedlichen Perspektiven und Beschreibungsdimensionen den Typenklassen *Didaktische Typen*, *Arbeitsorientierte Typen* und *Allgemeine Typen* zugeordnet. Die Liste der angeführten Typen ist exemplarisch, auch sind die Benennungen ggf. noch anzupassen und zu ergänzen, was mit Topic Maps unproblematisch möglich ist⁵¹. Des Weiteren wurde an dieser Stelle zunächst auf eine Hierarchisierung bzw. Relationierung der Typen verzichtet, obwohl dies an der einen oder anderen Stelle schon möglich gewesen wäre. So könnte beispielsweise ein *Schaltplan* letztlich als Unterklasse von *Technische Dokumentation*, aber ebenso von *Diagramm*, *Grafik* modelliert werden usw. Hierzu sollte jedoch zunächst ein gewisser Grad an Reifung des Typenfeldes erzielt werden.

Abb. 83 zeigt unterschiedliche Typisierungsdimensionen, in denen ein digitales Objekt beschrieben werden kann. So kann ein Objekt vom Typ *Lehrbild* gleichzeitig vom Typ *Schaltplan* sein usw. Dies lässt sich repräsentieren, indem mehrere Occurrence-Relationen unterschiedlicher Typen zwischen einem Objekt und einem Topic formuliert werden, so wie ein Objekt auch in mehrfachen Occurrence-Relationen zu unterschiedlichen Topics stehen kann.

Aus Sicht einer Lehrkraft liefern die *Didaktischen Typen* eine sicher häufig zweckmäßige Auswahl. Will aber die Lehrkraft z. B. eine arbeitsorientierte Selbstlerneinheit ausgestalten und mit entsprechenden digitalen Objekten anreichern, so bietet sich hierfür vorrangig die Dimension der *Arbeitsorientierten Typen* an. Die rechte Spalte der *Arbeitsorientierten Typen* greift die Inhaltsdimensionen von Berufs- und Lernarbeiten auf. Mit Hilfe dieser Typen lassen sich die Inhaltsdimensionen von Lernaufgaben mittels entsprechend zugeordneter digitaler Objekte direkt beschreiben. Dies ist z. B. dann sinnvoll, wenn sich ein digitales Objekt, wie es bei der Formulierung einer speziellen Aufgabe und spezieller Anforderungen häufig der Fall ist, unmittelbar auf die entsprechende Aufgabe bezieht und damit auch nicht an anderer Stelle von Interesse ist.

⁵¹ Unter *Didaktische Typen* sind hier derzeit Objekte zusammengefasst, die mit Blick auf die Wahrnehmung spezifischer Funktionen in Kontexten des Lehrens und Lernes erzeugt wurden. Die Verwendung arbeitsorientierter Typen ist eine didaktische Entscheidung, so dass in diesem Blickwinkel auch andere Benennungen denkbar sind.

Eine Diskussion und genauere Definition der einzelnen Typen sollte sinnvoller Weise in kooperativer Form im Rahmen eines größeren Kreises von Ontologie-Nutzern erfolgen. In der Zielperspektive sollten Benennungen gefunden werden, die der Mehrzahl der Nutzer einen unmittelbaren Zugang und eine unmittelbare Anwendung ermöglichen, wobei es das Sichtenkonzept der Topic Maps auch ermöglicht, aus einer individuellen Sicht besser passende Benennungsalternativen hinzuzufügen und zu verwenden. So könnten dann beispielsweise zum Typ *Prüfung* Benennungen wie *Klausur* oder *Klassenarbeit* ergänzt werden. Weiter wäre ggf. noch zu prüfen, inwieweit sich im Zuge der Nutzung als brauchbar erkannte Typen dann auf das in den oben genannten Standards zu findende Vokabular abbilden lassen. Für die meisten der allgemeinen Typen, wie sie in Abb. 83 zu finden sind, gelingt dies unmittelbar. Neu und als Diskussionsbeitrag ergänzt sind hier die letzten drei Typen *Programm-Quelltext*, *Ontologie* und *Topic Map*, deren Nutzen zu prüfen ist.

Zeigt das Occurrence-Modell in Abb. 83 die Typenklassen objektbezogener Informationen, die sich zur exponierten Repräsentation in der Art von Occurrence-Typen eignen, so zeigt Abb. 84 eine Gesamtschau der Metadaten-Typen⁵². Die im Occurrence-Modell in Abb. 83 definierten Typenklassen finden sich in den mit breiter Rahmenlinie hervorgehobenen Klassen wieder.

⁵² Die Metadaten-Typen sind, wie Abb. 84 zeigt, auch Occurrence-Typen. So lassen sich die objektbezogenen Informationen dann in der Art von Inline-Occurrences in die Topic Map integrieren, sofern nicht eine Abbildung mittels Facets erfolgen kann.

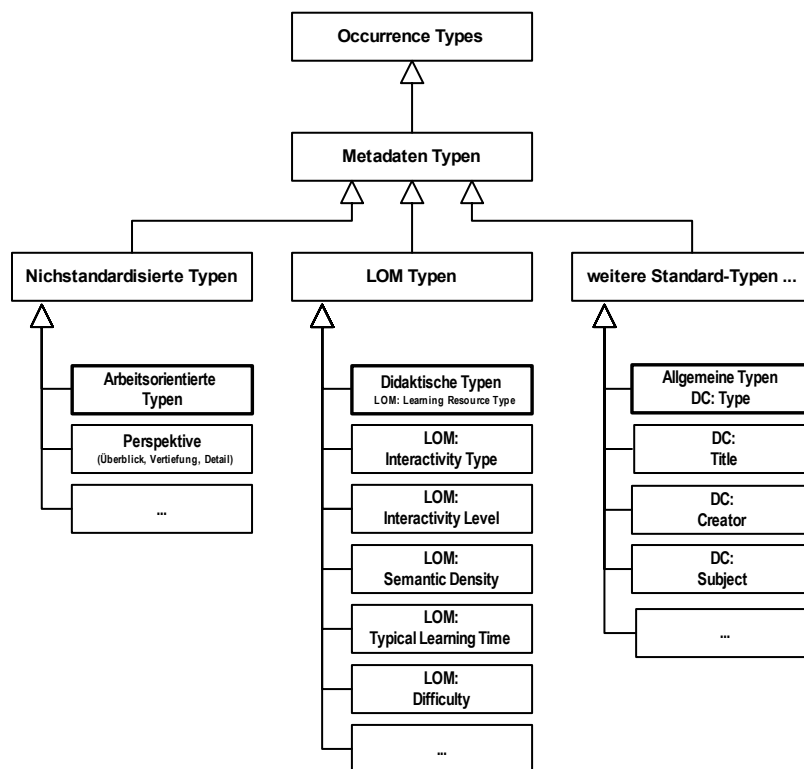


Abb. 84: Modell der Metadaten-Typen für digitale Objekte

Da sich viele der didaktischen Typen im offenen Vokabular des standardisierten LOM-Typs *Learning Resource Type* wiederfinden, sind die beiden Typenklassen hier zusammengefasst. Gleiches gilt für die DC-Kategorie *Type*, in deren Vokabular sich viele der in Abb. 83 angeführten allgemeinen Typen wiederfinden. Die arbeitsorientierten Typen lassen sich nicht in dieser Weise zuordnen und machen somit den entscheidenden Unterschied.

Die weiteren Klassen leiten sich aus den Ergebnissen der Erhebung ab, in der verschiedene weitere Typen des LOM-Standards unter entsprechend angepassten Benennungen zur Wahl standen (vgl. Abb. 61). Angeführt sind auch eher weniger bedeutsame Ordnungsdimensionen. Letztlich muss die Praxis zeigen, inwieweit überhaupt von den hier gegebenen Möglichkeiten Gebrauch gemacht wird. Zudem muss entsprechend der eingangs dieses Abschnittes erhobenen Forderung konstatiert werden, dass ggf. auch alternative Modellierungen der entsprechenden Informationen möglich sind, sofern die Anzahl der je Dimension zu findenden Ausprägungen überschaubar ist.

5.3.4 Modell für personale Sichten und Aspekte der Ontologie

Das nun bereits in seinen wesentlichen Strukturen beschriebene Organisationssystem besteht letztlich aus einer Vielzahl von Topics unterschiedlicher Arten sowie Relationen unterschiedlicher Arten, die die Topics zueinander in Beziehung setzen. Zudem finden sich ausgehend von den Topics spezifische Relation bzw. Verweise wiederum unterschiedlicher Arten, die den Topics digitale Objekte zuordnen. Betrachtet man ein isoliertes Topic, so vereinen sich dort im Zuge der Nutzung des Organisationssystems Relationen unterschiedlichster Prozesse des Lernens und Arbeitens und damit verbundene digitale Objekte. Die angestrebte kooperative Nutzung des Organisationssystems und die damit verbundene globale Gültigkeit von Topics forciert diese Entwicklung. In der Konsequenz sind Mechanismen zu etablieren, die idealtypisch die Anzahl der Relationen kontextspezifisch einzuschränken erlauben. Zudem sind, wie auch schon mehrfach angesprochen, Mechanismen erforderlich, die ein Nebeneinander auch konkurrierender Vorstellungen gestatten.

Ein einzelnes Topic ist hinsichtlich beliebiger Strukturierungen und Organisationsansätze als invariant zu betrachten, diese manifestieren sich erst in den unterschiedlichen Relationen, so dass das Ein- und Ausblenden spezifischer Relationen unterschiedliche Aspekte und Dimensionen des mehrdimensionalen semantischen Topic-Netzes hervortreten lässt. Konkret erlauben es Topic Maps, Assoziationen und Occurrences mit Scopes zu versehen (vgl. 3.2.1). In der Darstellung und Nutzung der Topic Map ist es in entsprechenden Software-Systemen möglich, die Anzeige von Assoziationen und Occurrences auf solche zu beschränken, die innerhalb der angewählten Scopes liegen. Zudem lassen sich Topics in unterschiedlichen Scopes mit alternativen Namen belegen⁵³.

In der konkreten Implementation von Scopes und damit im Zusammenhang stehenden Konstrukten gibt es wie auch bei den Metadaten wiederum substantielle Unterschiede zwischen Topic Maps nach ISO 13250 und der XML-Variante XTM. Unter anderem gestattet es die ISO-Variante, ganze Gruppen von Elementen bis hin zu einer ganzen

⁵³ Neben den geschilderten Scope-Mechanismen ist es natürlich jederzeit auch möglich, sich beispielsweise mittels einer TMQL-Abfrage je benötigte Teilaspekte einer Topic Map zu selektieren, sofern die in Betracht gezogenen Selektionsmerkmale Bestandteil der Topic Map sind. Zudem können auch die in Assoziationen anzugebenden Rollen der beteiligten Topics genutzt werden, alle Inhaber einer betrachteten Rolle auszuwählen.

Topic Map in effizienter Weise mit einem Scope zu versehen, während es in der XTM-Variante und der darauf basierenden und hier exemplarisch verwendeten LTM-Notation erforderlich ist, jedes einzelne Element mit den entsprechenden Scopes zu versehen. Eine eingehende Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Scope-Konzepten und deren TM-Implementationen sowie damit verbundenen Problemen und Gestaltungsmöglichkeiten liefert PEPPER (vgl. Pepper 2002). An dieser Stelle gilt das Interesse vorrangig der Frage, welches geeigneter Weise zu unterscheidende Scopes sind. Hierzu kann man sich von folgendem Bild leiten lassen: „The results of filtering a topic map by scope should be a new topic map whose characteristics are a subset of the original topic map's characteristics.” (ebenda).

Eine wichtige Frage ist, wie sich mittels Scopes eine geeignete Form der Zusammenarbeit im Kreise von Lehrkräften unterstützen lässt. Als Ausgangslage soll hierzu angenommen werden, dass eine öffentlich zugängliche Ontologie zum TM-basierten Zugriff auf digitale Objekte existiert, die jede Lehrkraft in der vorhandenen Form nutzen und auch durch eigene Beiträge erweitern kann. Zudem soll davon ausgegangen werden, dass die Lehrkräfte auf ihren eigenen, beruflich genutzten IKT-Systemen ebenso eine ontologiebasierte Organisation digitaler Objekte betreiben, um auch unabhängig vom Zugriff auf die öffentliche Ontologie arbeitsfähig zu sein, wobei die verwendete Ontologie zumindest auf Ebene 5 (vgl. Abb. 76) mit der öffentlichen Ontologie übereinstimmt. Unter diesen Voraussetzungen muss es nun möglich sein, benötigte Sinneinheiten der öffentlichen Ontologie in die eigene Ontologie zu überführen und im Gegenzug ebenso auch solche der eigenen Ontologie zu veröffentlichen. Das Zusammenführen zweier Topic Maps bzw. die Integration einer aus einer anderen Map erstellten Export-Map leistet nahezu jede TM-Anwendung ohne Probleme. Bei der Selektion des zu Exportierenden spielen geeignet gestaltete Scopes eine zentrale Rolle. Zudem sollte es auch nach vollzogener Zusammenführung möglich sein, integrierte Bestandteile anderer Ontologien auch noch als solche zu erkennen. Identische Mechanismen können angewandt werden, wenn Lehrkräfte in direkter Kooperation ihre Ontologien gegenseitig bereichern. Und ebenso können auf diese Weise Lehrkräfte den Lernenden ontologiebasiert organisierte Materialien und Lernaufgaben verfügbar machen, die diese dann wiederum in ihre eigenen Systeme integrieren.

Im Ergebnis ist Zweierlei erforderlich. Zum Ersten sind alle Elemente mit einem auf den Erzeuger verweisenden Scope auszustatten und darüber hinaus anwendungsbezogen

ggf. mit weiteren Scopes, die auf spezifische Personengruppen, wie z. B. Klassen, verweisen, zu ergänzen. Zum Zweiten müssen sich mit Scopes geeignete Sinneinheiten unterschiedlicher Aspekte und Reichweiten innerhalb der Ontologie selektieren lassen, so dass sich das jeweils Relevante der Ontologie hervorheben und nutzen sowie in der gewählten Form auch extrahieren und weitergeben lässt⁵⁴.

Sinneinheiten einer Ontologie lassen sich mit Bezug auf deren unterschiedliche äußere Anwendungskontexte begründen. Wesentliche Sinndimensionen und auch Reichweiten sind mit den schon modellierten Strukturen bereits gegeben. Die personale Dimension lässt sich mit den Klassen *Person* und *Personengruppe* sowie den Unterklassen *Schüler*, *Schulklasse*, *Lehrkraft* und *Lehrkräfte* sowie entsprechenden konkreten Personen und Personengruppen als deren Instanzen wie folgt ausgestalten: Alle von einer Lehrkraft geschaffenen Strukturen werden dem ihr eigenen Scope zugeordnet. Eine für eine Klasse durchgeführte Planung oder auch gestaltete Lernaufgabe erhält zudem den Scope der konkreten Klasse usw. Bei Export-Operationen sollten zumindest die Teile, die Aufschluss über die Rolle der personalen Scopes geben, mit exportiert werden, so dass beispielsweise bekannt ist, dass *Norbert Z.* eine Lehrkraft in Husum ist und die *Klasse EGS1 - 2005 - Husum* im Ausbildungsberuf *Elektroniker/-in für Geräte und Systeme* ausgebildet wird (vgl. Abb. 77). Die Bildung weiterer Gruppen, z. B. von besonders eng zusammenarbeitenden Lehrkräften, sollte möglich sein. Entsprechende und beliebige weitere Gruppen bzw. personenbezogene Scopes sollten idealtypisch immer auch durch logische Verknüpfung vorhandener Scopes gebildet werden können. Hiermit wäre eine konkrete Anforderung an eine entsprechende Software-Anwendung formuliert.

⁵⁴ Die gesamte Ontologie wie auch daraus als Sinneinheiten extrahierte Teilontologien sind ihrerseits gemäß den Ausführungen in Unterkapitel 2.2 *digitale Objekte* !

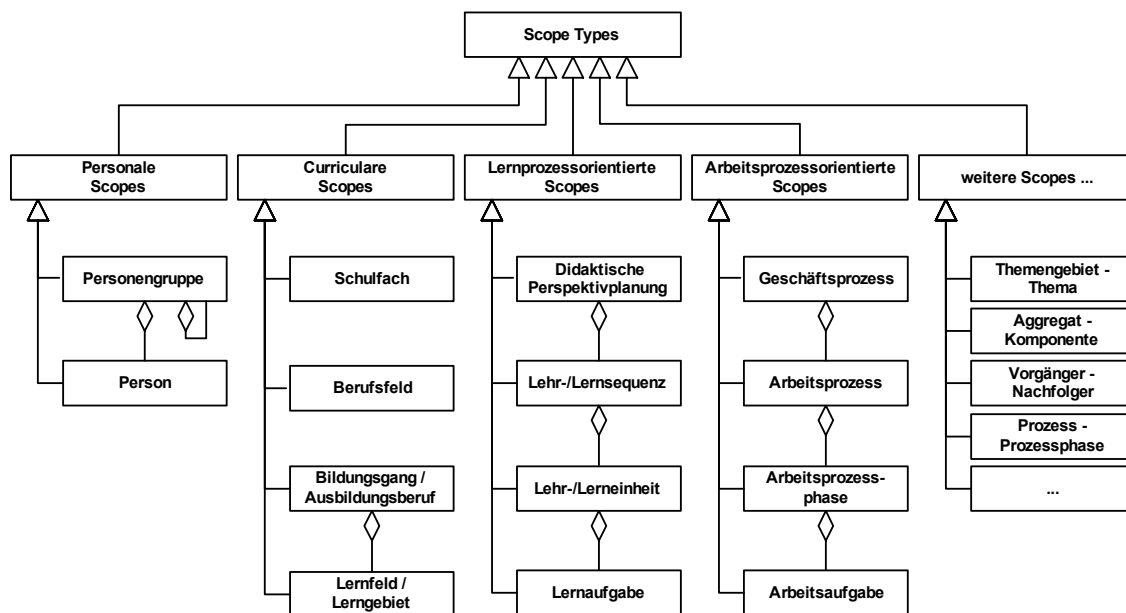


Abb. 85: Modell der Scope-Typen

In Anbetracht der zu erwartenden Vielfalt unterschiedlicher Scopes ist es sinnvoll, auch Scopes als Topics zu betrachten, die sich dann zur Herstellung einer besseren Übersicht typisieren und ggf. auch in Relationen zueinander bringen lassen. Abb. 85 zeigt ein entsprechendes Modell zu verwendender Scope-Typen, in denen sich im Wesentlichen schon bekannte Klassen und Relationen wiederfinden. Die Anwendung der dort dargestellten personalen Scopes wurde eben bereits erläutert. Mit Hilfe der abstrakten Klasse der lernprozessorientierten Scopes ist es beispielsweise möglich, spezielle Lernaufgaben mit den diesen zugeordneten Relationen und digitalen Objekten oder aus diesen zusammengesetzte größere Einheiten speziell zu selektieren. Dadurch, dass die in dieser Dimension zu findenden Typen stellvertretend für ihre Instanzen in einer Ganzes-Teil-Relation stehen, ist es im Prinzip möglich, den Prozess in einer wahlweise mehr überblicks- oder detailbezogenen Perspektive zu betrachten. Zudem bieten solche Relationen Ansatzpunkte für eine effiziente Zuordnung von Scopes, indem z. B die untergeordneten Phasen eines Prozesses wahlweise automatisiert mit dem Scope des umschließenden Prozesses versehen werden.

Die Dimension arbeitsprozessorientierter Scopes ist in gleicher Weise wie die lernprozessorientierte Dimension ausgestaltet. Sie wäre insbesondere für den Fall bedeutsam, dass eine Vielzahl in derartig strukturierter Form beschriebene Arbeitsprozesse verfügbar wären, die Lehrkräften dann als Bezugspunkt zur Ausgestaltung arbeitsorientierter

Lernprozesse dienen könnten. In ähnlicher Weise könnten auch Geschäftsfelder und deren Strukturierungen integriert werden.

Schließlich kennt das in Abb. 85 dargestellte Modell noch weitere Scopes, die im Unterschied zu den bisher Beschriebenen in direkter Beziehung zu spezifischen Relationen und damit verbundenen Ordnungsdimensionen stehen und ggf. auch nicht weiter instanziiert werden müssen. *Themengebiet-Thema* bezieht sich auf eine Assoziation, die immer dann zu verwenden ist, wenn fach- oder sachorientierte Themen zu Themengebieten und diese dann wieder zu noch größeren Fach- oder Sachgebieten gruppiert werden sollen, so dass eine fach- bzw. sachsystematische Ordnungsdimension entsteht und hiermit ein- oder ausgeblendet werden kann. *System-Komponente* ist gleichartig anzuwenden und bezieht sich auf eine Assoziation, die wiederkehrend anwendbar ist, um den strukturellen Aufbau eines betrachteten technischen Systems aus mehrstufig aggregierten Teilsystemen abzubilden. Soll genau ein bestimmtes System ausgewählt werden, so könnte der Scope entsprechend instanziiert werden. *Prozess-Prozessphase* bezieht sich auf alle Relationen, die Prozesse des Lernens und Arbeitens sowie deren generische Darstellungen in Teilprozesse gliedern. Mit Hilfe des Scopes *Vorgänger-Nachfolger* ist es schließlich möglich, die Darstellung von Sequenzen von Teilprozessen gezielt ein- oder auszublenden.

Idealtypisch sollte es eine Topic Map basierte IKT-Anwendung erlauben, logische Verknüpfungen der unterschiedlichen Scope-Dimensionen durchzuführen und auch innerhalb der Scopes bestehende Relationen der Art Ganzes-Teil und Generalisierung-Spezialisierung nutzbar zu machen. So wäre es dann etwa möglich, unter Bezugnahme auf die Klasse *Lernaufgaben* alle Lernaufgaben zu selektieren. Durch Angabe eines spezifischen Lernfeldes könnte die Auswahl weiter eingeschränkt werden. Mit einer dritten Eingrenzung ließen sich dann beispielsweise solche Lernaufgaben auswählen, die in einer spezifischen Schulklasse noch nicht eingesetzt wurden. Zu einem betrachteten Topic, wie z. B. *Werkzeuge*, könnten unmittelbar alle hiermit verbundenen digitalen Objekte selektiert werden. Durch Wahl eines spezifischen Ausbildungsberufes könnte die Auswahl auf Objekte eingegrenzt werden, die im Kontext dieses Berufes angewendet werden usw. Weitere Beispiele ließen sich ohne Mühe finden und es stellt sich die Frage, welcher Aufwand zu treiben ist, um derartig Gewinn bringende Funktionen nutzbar zu machen.

In einer statischen Perspektive wirken die den unterschiedlichen Elementen der Topic Map zugeordneten Scopes wie Metadaten, die sich dann im Zuge von zu formulierenden Abfragen einbeziehen lassen. Der entscheidende Unterschied liegt darin, dass in einem objektzentrierten Metadatenansatz im Prinzip jedes Objekt einzeln mit entsprechenden Metadaten ausgezeichnet werden muss. In einem ontologiebasierten Ansatz sind hingegen unter Ausnutzung vorhandener Assoziationen weitreichende implizite Zuordnungen möglich, zudem werden hier nicht die Objekte selbst, sondern Elemente der ordnenden Struktur gekennzeichnet. Will eine Lehrkraft eine Lehr-/Lerneinheit erzeugen, so ist diese mittels spezifischer Relationen z. B. einer Klasse zugeordnet. Diese Klasse ist im Rahmen der Ontologie bereits einem Bildungsgang zugeordnet, dem wiederum bereits ein Lehrplan zugeordnet ist (vgl. Abb. 86). Mit dieser einfachen Information können nun alle im Weiteren erzeugten Strukturen unmittelbar und ohne weiteres Zutun mit Scopes für die erzeugende Lehrkraft, für die anvisierte Schulklasse, für den damit verbundenen Bildungsgang und für den entsprechenden Lehrplan versehen werden. Eine entsprechend ausgestaltete IKT-Anwendung sollte dies dahingehend unterstützen, dass für neue Strukturen ein notwendiges Minimum an Verknüpfungen zur bestehenden Ontologie erzwungen wird.

5.3.5 Modell zur Sequenzierung und Aggregation von Lernaufgaben

Abschließend soll mit Hilfe von Abb. 86 skizziert werden, wie eine Lehrkraft unter Bezugnahme auf die bereits eingeführten Strukturen und unter Einführung weiterer Assoziations-Typen eine Sequenz von Lerneinheiten mit diesen zugeordneten Lernaufgaben konstruieren kann. Der Übersicht halber beschränkt sich die Darstellung auf die hier wesentlichen Strukturen, so sind die übergeordneten Klassen vielfach nicht dargestellt.

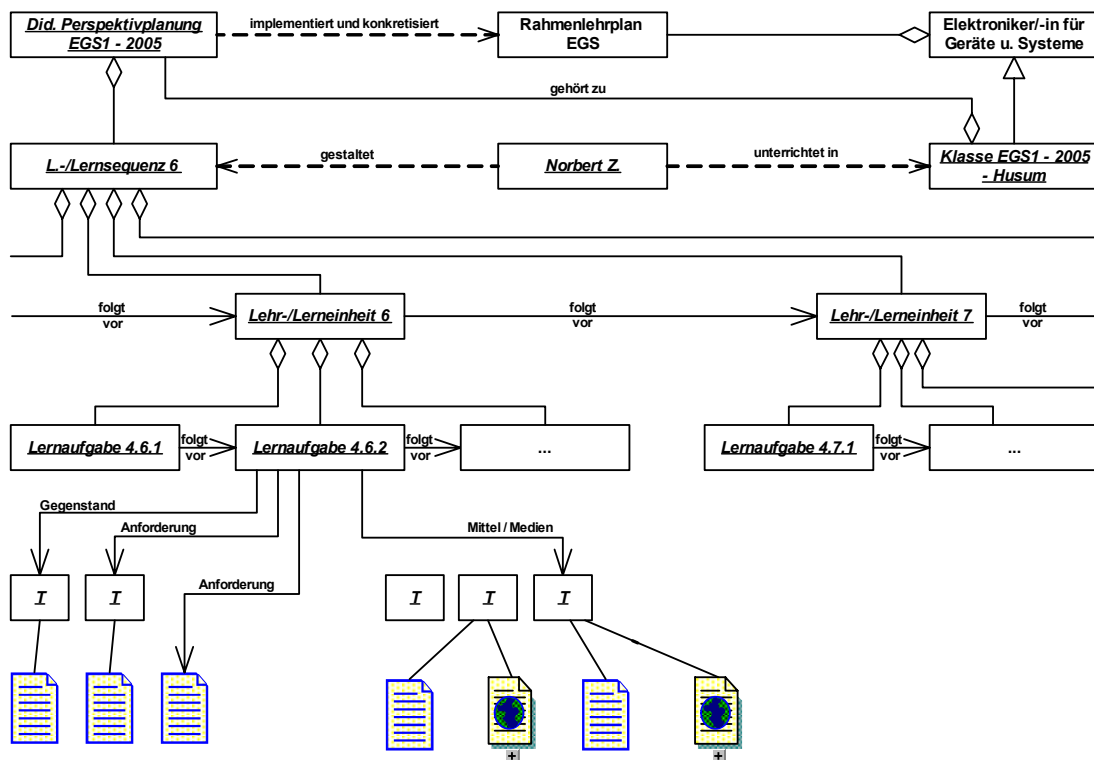


Abb. 86: Sequenzierung und Aggregation von Lernaufgaben

Die schon am Ende des letzten Abschnittes skizzierte Situation sei hier durch folgende Ausgangslage konkretisiert. Lehrer *Norbert Z.* unterrichtet in der *EGS1 - 2005 - Husum* und hat in seiner Ontologie für diese Klasse bereits ein Topic erzeugt und seine als Topic repräsentierte Person mittels einer speziellen Relation *unterrichtet in* mit der Klasse verknüpft und die Klasse als Instanz des entsprechenden Bildungsganges *Elektroniker/-in für Geräte und Systeme* etabliert. Zudem hat Herr Z. eine didaktische Perspektivplanung für diese Klasse erstellt und auch als Topic im System etabliert. Das digitale Objekt mit der Perspektivplanung ist dem Topic *Did. Perspektivplanung - EGS1 - 2005* als Occurrence des Typs *Didaktische Perspektivplanung* zugeordnet (in der Abbildung nicht dargestellt).

Zur Gestaltung einer weiteren *Lehr-/Lernsequenz* erzeugt die Lehrkraft ein neues Topic und bringt es entsprechend Abb. 81 mittels einer speziellen Assoziation in Bezug zum Topic der didaktischen Perspektivplanung. *Lehr-/Lernsequenz* könnten nun verschiedene Objekte zugeordnet werden, die beispielsweise den Gegenstand, zu verwendende Werkzeuge oder auch damit verbundene Anforderungen im Überblick darstellen. Alternativ könnte auch auf ein vielleicht schon existierendes, den Gegenstand reifizierendes Topic verwiesen werden, an dem dann ggf. schon geeignete digitale Objekte angebunden sind, die dann in den Scope von *Lehr-/Lernsequenz 6* aufgenommen werden können.

ten. Zudem könnte *Lehr-/Lernsequenz 6* auf konkrete Arbeitsprozesse verweisen, an denen sie sich orientiert.

Entsprechend der im vereinheitlichten Modell der Berufs- und Lernarbeit in Abb. 81 dargestellten Strukturen lassen sich der *Lehr-/Lernsequenz 6* Topics für spezielle Lehr-/Lerneinheiten zuordnen. In diesen könnten wiederum Gegenstände und Anforderungen der Lehr-/Lerneinheiten in vertiefender Weise spezifiziert werden. Mittels einer speziellen Assoziation (hier *folgt vor* benannt) lassen sich die Lehr-/Lerneinheiten in eine idealtypisch fach- und sachlogisch, prozessorientiert wie didaktisch sinnvolle Reihenfolge bringen, wobei es sich natürlich immer um einen idealisierten Verlauf handelt. Jede Lehr-/Lerneinheit gliedert sich schließlich in verschiedene, nach gleichen Gesichtspunkten sequenzierte Lernaufgaben. Jede Lernaufgabe ist in ihren Inhaltsdimensionen zu konkretisieren. Dies kann geschehen, indem mit entsprechenden Assoziationen auf schon vorhandene und in Abb. 86 mit \underline{T} gekennzeichnete Topics verwiesen wird, die dann ggf. um weitere Objekte zu ergänzen sind. Auch könnte z. B. für eine spezielle Anforderung, die auch in anderen Kontexten bedeutsam ist, ein neues Topic erzeugt werden, das dann als Bezugspunkt für diesbezügliche Informationen bzw. digitale Objekte dient. Schließlich können dem Topic der Lernaufgabe Objekte, die sich speziell auf die entsprechende Lernaufgabe beziehen und ansonsten nicht von Interesse sind, auch direkt und ohne Umweg über ein weiteres Topic zugeordnet werden. Über Inline-Occurrences ist auch eine direkte Zuordnung spezieller Informationen ohne zusätzliche externe Objekte möglich.

Jedes schon vorhandene und in neue Lernaufgaben integrierte Topic bietet je nach gewähltem Scope Bezüge zu weiteren Prozessen, in denen es eine Rolle spielt, wie auch zu entsprechenden digitalen Objekten, die sich vom Nutzer navigierend erschließen lassen. Gleiches gilt für Verknüpfungen mit Arbeitsprozessen oder auch für ggf. vorhandene Relationen zu bestimmten Lehrplaneinheiten. Zudem lassen sich unter Ausnutzung fach- oder sachlogisch angelegter Assoziationen Topics ansteuern, die ähnlich gelagerte oder auch über- oder untergeordnete Themen bieten.

Auf eine Besonderheit sei abschließend hingewiesen: Der für Lehrkräfte im berufsbildenden Bereich mit der Berufsarbeit als Lehrkraft und der als Bezugssystem fungierenden späteren Berufsarbeit der Lernenden gegebene wenigstens doppelte Berufsarbeitsbezug lässt sich mittels unterschiedlicher Scopes in eleganter Weise in die Ontologie

integrieren. So können einer für die Lernenden gedachten Lehr-/Lernaufgabe im erweiterten Scope der Lehrkraft für die Hand der Lehrkraft vorgesehene Medien oder Werkzeuge, die im Kontext der speziellen Lehr-/Lernaufgabe eingesetzt werden können, beigeordnet werden. Im Scope der Lernenden sind diese dann nicht sichtbar.

5.4 Implementation und exemplarische Evaluation der Ontologien

Die Implementation der Ontologien erfolgt entsprechend den Ausführungen in Abschnitt 5.1.3. Das mit dem Rahmenlehrplan *Elektroniker/-in für Geräte und Systeme* gegebene Begriffsfeld wird vollständig integriert⁵⁵. Jeder mit diesem Begriffsfeld verbundene Begriff wird zumindest in zweifacher Weise mittels entsprechender Assoziationen relationiert und zwar in Bezug zum Lehrplan sowie darüber hinausgehend in Bezug zu einem Prozess, einem Themengebiet oder auch zu Kategorien wie Werkzeug, Anforderung usw. Die Ergänzung zahlreicher weiterer Bezüge wäre ohne Probleme möglich, ist aber bei einigen hundert Begriffen mit einem nicht unerheblichen weiteren Aufwand verbunden. Hinsichtlich der Ontologie auf Ebene 5 orientiert sich die Implementation unmittelbar an den in diesem Kapitel konstruierten Modellen, so dass Kategorien wie Schularten, Berufsfelder und Schulfächer sowie dazu passende Assoziationen hier noch nicht implementiert sind.

Auch mit den vorgenommenen Einschränkungen hat die in LTM-Syntax vorgenommene Formulierung der Topic Map einen Umfang von etwa 2000 Zeilen. Die Topic Map unterliegt einem steten Prozess der Fortschreibung und Weiterentwicklung, die im Weiteren zu findenden Abbildungen stellen Auszüge aus der Topic Map dar und sollen das Vorgehen und die Struktur der verwendeten LTM-Syntax veranschaulichen.

⁵⁵ Die Integration bedurfte aufgrund der Lernfeldsystematik, also dem Nebeneinander unterschiedlicher Betrachtungsebenen und Dimensionen einiger Interpretationen und auch Entscheidungen. Eine häufig zu klärende Frage war, ob etwas nun passender als Prozess in der Art von *Beseitigen von Fehlern* oder eher als Thema bzw. Themengebiet *Fehlerbeseitigung* zu implementieren ist oder gar beides zweckmäßig ist. Im genannten Fall wurde z. B. die Prozessvariante gewählt, während beispielsweise das mögliche *Anpassen von Leistungen* als Thema *Leistungsanpassung* Eingang gefunden hat.

```

7  /* ----- ONTOLOGIE zur Organisation digitaler Objekte in der Arbeit von Lehrkräften ----- */
8
9  [ _Ort
10 [ _Schule : _Ort = "Ort"; ]Schulort"]
11 [ _Person : _Person = "Person"]
12 [ _Lehrkraft : _Person = "Lehrkraft"]
13 [ _Schueler : _Person = "Schueler/-in"]
14 [ _Personengruppe : _Personengruppe = "Personengruppe"]
15 [ _Schulklasse : _Personengruppe _Bildungsgang = "Schulklasse"]
16 [ _Lehrkraefte : _Personengruppe = "Lehrkraefte"]
17
18 _Gruppe-Mitglied( _Personengruppe : _Personengruppe, _Person : _Person )
19 _Gruppe-Mitglied( _Personengruppe : _Personengruppe, _Personengruppe : _Person )
20 _Gruppe-Mitglied( _Schulklasse : _Personengruppe, _Schueler : _Person )
21 _Gruppe-Mitglied( _Lehrkraefte : _Personengruppe, _Lehrkraft : _Person )
22
23 [ _Arbeit = "Arbeit"]
24 [ _Generische_Arbeit : _Arbeit = "Generische Arbeit"]
25 [ _Generische_Lernarbeit : _Arbeit _Zielformulierung = "Generische Lernarbeit"]
26 [ _Lernarbeit : _Arbeit = "Lernarbeit"]
27
28 [ _Ziel = "Ziel"]
29 [ _Gegenstand = "Gegenstand"]
30 [ _Anforderung = "Anforderung" ]
31 [ _Methode = "Methode"]
32 [ _Mittel = "Mittel"]
33 [ _Werkzeug : _Mittel = "Werkzeug"]
34 [ _Medien : _Mittel = "Medien"]
35 [ _Gesellschaftliche_Anforderung : _Anforderung = "Gesellschaftliche_Anforderung"]
36 [ _Betriebliche_Anforderung : _Anforderung = "Betriebliche_Anforderung"]
37 [ _Individuelle_Anforderung : _Anforderung = "Individuelle_Anforderung"]
38
39 _Ganzes-Teil( _Arbeit : _Ganzes, _Ziel : _Teil )
40 _Ganzes-Teil( _Arbeit : _Ganzes, _Anforderung : _Teil )
41 _Ganzes-Teil( _Arbeit : _Ganzes, _Gegenstand : _Teil )

```

Abb. 87: Topic Map Auszug: Definition und Typisierung von Topics, Assoziationen

Abb. 87 zeigt die Definition und Typisierung zentraler Topics. So wird in Zeile 11 ein Topic `_Person` definiert, der als `Person` angezeigt wird. `_Person` ist die in einem System einmalig zu vergebende ID eines Topics, die immer dann verwendet wird, wenn innerhalb der Map auf dieses Topic Bezug genommen wird. Rechts in der Zeile wird der angezeigte Name festgelegt, der jederzeit ohne weiteren Einfluss geändert werden kann und auch durch weitere Namen in anderen Scopes ergänzt werden kann. Die ID des Topics wird hier zur besseren Lesbarkeit in Anlehnung an den angezeigten Namen vergeben, bei der automatisierten Vergabe durch IKT-Anwendungen finden sich hier in der Regel beliebige einmalige kryptische Zeichenfolgen erheblicher Länge. Auf eine im kooperativen Anwendungskontext erforderliche Zuordnung von PSIs (Published Subject Indicators) zu Topics wird zugunsten der Übersichtlichkeit zunächst verzichtet. Dies führt hier zu keinerlei funktionalen Einschränkungen, eine nachträgliche Ergänzung ist problemlos möglich. Zeile 12 zeigt, wie bei der Definition eines Topics gleichzeitig eine Typisierung vorgenommen werden kann. Hier wird `_Person` als Superklasse von `Lehrkraft` festgelegt. Speziell dieser Assoziations-Typ kann im Vergleich zu anderen Assoziations-Typen, wie z. B. in Zeile 39 zu sehen, sehr effizient kodiert werden. Daher wird speziell von diesem Assoziations-Typ auch unter Inkaufnahme gewisser Unschärfen ein reger Gebrauch gemacht. So werden, wie bereits angeführt, in dem derzeitigen Modell Bildungsgänge als Superklassen konkreter Schulklassen formuliert.

```

134 /*-----*/
135 /* Association Types */
136 /*-----*/
137
138 /*----- Ideelle Ganzes-Teil-Relation-----*/
139 [_Ganzes-Teil = "Ganzes-Teil"
140               = "hat" / _Ganzes
141               = "gehört zu" / _Teil ]
142
143 /*----- Für Arbeit u. Lernarbeit, konkret und generisch-----*/
144 [_Prozess-Prozessphase = "Prozess-Prozessphase"
145                       = "umfasst" / _Ganzes
146                       = "gehört zu" / _Teil]
147
148 /*----- Themengebiete als Verallgemeinerung von Fachgebiet (eher theoretisch) und Sachgebiet (eher praktisch)-----*/
149 [_Themengebiet-Thema = "Themengebiet-Thema"
150                     = "beinhaltet" / _Themengebiet
151                     = "gehört zu" / _Thema]
152
153 /*----- Sächliche Ganzes-Teil-Relation-----*/
154 [_Aggregat-Komponente = "Aggregat-Komponente"
155                       = "besteht aus" / _Aggregat
156                       = "ist Teil von" / _Komponente]
157
158 /*----- Personelle Ganzes-Teil-Relation-----*/
159 [_Gruppe-Mitglied = "Gruppe-Mitglied"
160                   = "hat Mitglied" / _Personengruppe
161                   = "ist Mitglied von" / _Person]
162
163 /*-----*/
164 [_Schule-Lehrkraft = "Schule-Lehrkraft"
165                   = "hat Lehrkraft" / _Schule
166                   = "arbeitet an" / _Lehrkraft]
167

```

Abb. 88: Topic Map Auszug: Definition von Assoziations-Typen

Generell bietet es sich durchaus an, spezielle Assoziationen auch durch entsprechende spezielle Assoziations-Typen zu implementieren, da dies weitere Selektionsmöglichkeiten über den Assoziations-Typ oder die Rollen der Partner innerhalb der Assoziation eröffnet. Abb. 88 zeigt die Definition unterschiedlicher Assoziations-Typen und hier insbesondere eine Auswahl spezieller Teil-Ganzes-Relationen. Zu bemerken ist, dass Assoziationen stets in beide Richtungen betrachtet werden. So ist in der Abbildung die Assoziation *_Aggregat-Komponente* zu sehen, die die zwei Rollen *_Aggregat* und *_Komponente* beinhaltet. Die Rollen sind mit anzuzeigenden Namen verknüpft und drücken die beiden möglichen Richtungen der Betrachtung der Assoziation aus. Aus Sicht des Aggregats wird hier *besteht aus* angezeigt und verweist so auf die entsprechenden Komponenten.

Die exemplarische Anwendung der Topic Map erfolgt mittels eines in seiner Funktion nur unwesentlich eingeschränkten und dafür frei verfügbaren Topic Map Browsers der Firma *Ontopia*, dem *Omnigator*. Die praktische Anwendung und das Navigieren innerhalb der Ontologie bringen in Kombination mit unterschiedlichen Scopes, die gewählt werden können, insgesamt eine erhebliche Vielzahl möglicher und auch neuartiger Ansichten auf Teilaspekte der Ontologie und damit in der vorliegenden Form auch auf Teilaspekte des Lehrplanes der EGS hervor.

omnigator eight
 The free Seamless Knowledge browser from Ontopia. Powered by the Ontopia Knowledge Suite.
 Welcome | Index Page | Manage | Customise | Filter | Export | Merge | Statistics | Query | Reload | | Google it! | Add

EGS Lernfeld 02 - Elektrische Installationen planen und ausfuehren

Names (1)	External Occurrences (1)
<ul style="list-style-type: none"> ◆ EGS Lernfeld 02 - Elektrische Installationen planen und ausfuehren 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Lern(arbeits)feld <ul style="list-style-type: none"> ◊ http://www.biat.uni-flensburg.de/elektroberufe-o
Associations (37)	
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Lern(arbeits)feld <ul style="list-style-type: none"> ◊ Ausfuehren_Elektrischer_Installationen ◆ Lernhandlungsfeld <ul style="list-style-type: none"> ◊ Bewerten_von_Arbeitsablaeufen ◊ Dokumentieren ◊ Durchfuehren_von_Auftraegen ◊ Inbetriebnehmen ◊ Planen_Elektrischer_Installationen ◊ Planen_von_Auftraegen ◊ Uebergeben ◆ Lernaufgabenfeld <ul style="list-style-type: none"> ◊ Beheben_von_Fehlern ◊ Dimensionieren_von_Leitungen ◊ Disponieren_von_Material ◊ Einweisen_von_Nutzer ◊ Erstellen_von_Angeboten ◊ Erstellen_von_Rechnungen ◊ Optimieren_von_Arbeit ◊ Planen_von_Ablaefen ◊ Pruefen_von_Funktionen ◊ Suchen_von_Fehlern ◆ gehoert zu <ul style="list-style-type: none"> ◊ Lehrplan Elektroniker fuer Geraete und Systeme ◆ Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> ◊ Arbeitsorganisation ◊ Arbeitssicherheit ◊ Betriebsmittelkenndaten ◊ Elektroinstallationstechnik ◊ Energiebedarf ◊ Energieversorgungen ◊ Funktionale_Anforderung ◊ Installationsplan ◊ Installationsplanerstellungsoftware ◊ Mittel ◊ Netzsysteme 	

Abb. 89: Topic Map Browser: Darstellung eines Lernfeldes

Abb. 89 zeigt, wie sich das Lernfeld 2 des Berufes Elektroniker/-in für Geräte und Systeme ausschnittsweise innerhalb des Topic Map Browsers darstellt. Auf der rechten Seite ist exemplarisch ein Verweis vom Occurrence-Typ *Lern(arbeits)feld* zu sehen, der auf ein digitales Objekt mit dem Lernfeld-Text aus dem KMK-Lehrplan zeigt. Weitere Objekte mit Bezügen zu Lernfeld 2 könnten hier passend ergänzt werden. In der linken Spalte finden sich die mit entsprechenden Assoziationen zugeordneten Inhalte und Zielformulierungen des Lernfeldes wieder, wobei der Versuch unternommen wurde, die Zielformulierungen gemäß dem in Abb. 81 dargestellten Modell zu strukturieren. Zudem findet sich ein Verweis auf den übergeordneten Lehrplan. Zu beachten ist, dass die Ausflistung der unterschiedlichen Bezüge ohne weitere Maßnahmen in alphabetisch geordneter Weise erfolgt. Dies ist insofern sinnvoll, als dass sich in unterschiedlichen Darstellungskontexten im Allgemeinen jeweils andere Einträge in derartigen Listen

finden und eine für alle Kontexte verbindliche Positionierung damit nicht möglich ist. Da aber in manchen Situationen, z. B. mit Blick auf Prozessphasen, eine gewisse Ordnung in der Auflistung sinnvoll ist, kann man eine solche über weitere (Sortier-)Namen, die dann nur in den speziellen Kontexten gültig sind, unter Mehraufwand durchaus erzeugen.

Navigiert man nun beispielsweise in der gezeigten Lernfelddarstellung zu dem Lernaufgabenfeld *Pruefen_von_Funktionen*, so liefert der Browser die in Abb. 90 gezeigte Darstellung.

Pruefen_von_Funktionen

Names (1)

- ◆ Pruefen_von_Funktionen

Associations (27)

- ◆ **gehört zu**
 - ◊ Einrichten_von_Fertigungsanlagen
 - ◊ Einrichten_von_Pruefeinrichtungen
 - ◊ Herstellen_Elektronischer_Baugruppen
 - ◊ Inbetriebnehmen
 - ◊ Inbetriebnehmen
 - ◊ Instandhalten_von_Geraeten
 - ◊ Pruefen_von_Elektrotechnischen_Systemen
 - ◊ Pruefen_von_Geraeten
 - ◊ Realisieren_von_Elektroenergieversorgungen_fuer_Elektrische_Systeme
- ◆ **umfasst**
 - ◊ Analysieren_von_Betriebsverhalten
 - ◊ Analysieren_von_Fehlern
 - ◊ Auswaehlen_von_Messverfahren
 - ◊ Auswaehlen_von_Pruefverfahren
 - ◊ Eingrenzen_von_Fehlern
 - ◊ Protokollieren
 - ◊ Protokollieren_von_Fehlern
 - ◊ Pruefen_Elektronischer_Baugruppen
 - ◊ Suchen_von_Fehlern
- ◆ **ist Lernaufgabenfeld in**
 - ◊ EGS Lernfeld 02 - Elektrische Installationen planen und ausfuehren
 - ◊ EGS Lernfeld 03 - Steuerungen analysieren und anpassen
 - ◊ EGS Lernfeld 08 - Geraete herstellen und pruefen
- ◆ **ist Lernhandlungsfeld in**
 - ◊ EGS Lernfeld 01 - Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen pruefen
 - ◊ EGS Lernfeld 05 - Elektroenergieversorgung fuer Geraete und Systeme realisieren und deren Sicherheit gewaehrleisten
 - ◊ EGS Lernfeld 06 - Elektronische_Baugruppen von Geraeten konzipieren, herstellen und pruefen
 - ◊ EGS Lernfeld 09 - Geraete und Systeme in Stand halten
 - ◊ EGS Lernfeld 10 - Fertigungsanlagen einrichten
 - ◊ EGS Lernfeld 11 - Pruefeinrichtungen einrichten und anwenden

Abb. 90: Topic Map Browser: Darstellung eines Lernhandlungsfeldes

Zu erkennen ist zunächst, dass das *Pruefen_von_Funktionen* in einer Vielzahl weiterer Lernfelder Gegenstand des Lehrens und Lernens ist. Zudem ist es in manchen Lernfeldern als Lernaufgabenfeld und in anderen als diesem übergeordnetes Lernhandlungsfeld gekennzeichnet. Eingedenk der auf unterschiedlichen Ebenen mit unterschiedlichen Reichweiten zu vollziehenden Prozesse und zu prüfenden Funktionen und Ergebnisse

ist dies nicht überraschend, eine konkrete Zuordnung dieses generischen Prozesses erfolgt im tatsächlichen Lern- oder Arbeitsprozess. Unter der Rubrik *gehört zu* finden sich verschiedene dem *Pruefen_von_Funktionen* übergeordnete Prozesse, entsprechend finden sich untergeordnete Teilprozesse unter der Rubrik *umfasst*. Somit ist das prozessuale Umfeld des *Pruefen_von_Funktionen* transparent. Die damit gegebenen Verknüpfungen können beispielsweise genutzt werden, um nach geeigneten unterrichtlichen Umsetzungen zu suchen. Zu beachten ist, dass die gezeigte Darstellung sich aus Zielformulierungen und Inhalten aller unten angeführten Lernfelder zusammensetzt. Durch Einschränkung des Scopes auf ein Lernfeld oder auch auf mehrere bestimmte Lernfelder lässt sich die Perspektive der Darstellung vom Überblick hin zu einer Detailbetrachtung eines Lernfeldes mit wenigen Mausklicks verändern.

Mit der Nutzung der Ontologie würden sich an dem Topic *Pruefen_von_Funktionen* zahlreiche Verweise auf digitale Objekte sammeln, die in diesem Handlungskontext als Verweis auf Werkzeuge zum Prüfen, auf Anforderung an das Prüfen in der Art entsprechender Prüfvorschriften oder auch auf zu prüfende Gegenstände dienen, wobei sich wiederum auch der Scope auf spezifische Lernfelder und weiter dann auch auf bestimmte Personen usw. einschränken ließe. Zudem wären hier oder auch in über- oder untergeordneten Handlungskontexten Assoziationen zu konkreten Lehr-/Lernsequenzen oder -einheiten zu finden, die die entsprechende Lehrplanvorgabe umsetzen und die wiederum ggf. geeignete digitale Objekte anbieten.

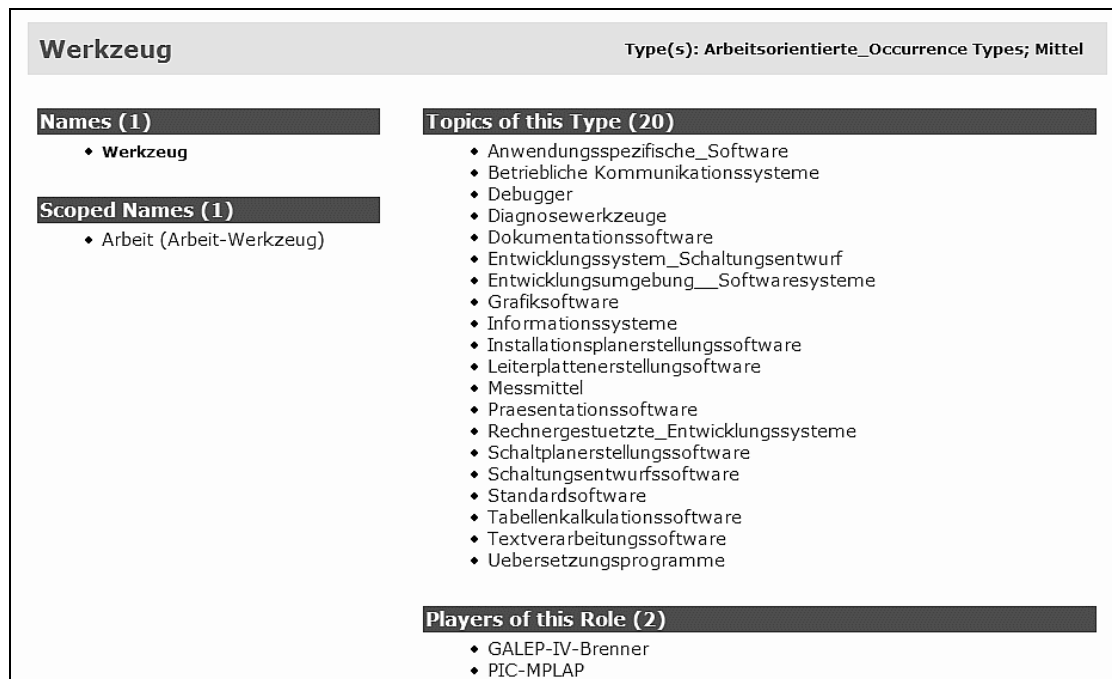


Abb. 91: Topic Map Browser: Darstellung ausgewählter Inhaltsdimensionen der Arbeit

Abb. 91 zeigt das Topic *Werkzeug*, das in der Ontologie als Superklasse der im Lehrplan angeführten Werkzeuge dient. *Mittel* ist eine Superklasse von *Werkzeug*, über die zu anderen Inhaltsdimensionen der Arbeit navigiert werden kann. Gleichzeitig ist *Werkzeug* auch ein arbeitsorientierter Occurrence-Typ, mit dem sich entsprechend zu klassifizierende digitale Objekte anbinden lassen. Schließlich ist *Werkzeug* auch noch eine Rolle in einer Assoziation, mit der sich *Arbeiten* und zugehörige *Werkzeuge* verknüpfen lassen. *GALEP-IV-Brenner* ist ein Topic vom Typ *Entwicklungsumgebung_Softwaresysteme*, das sich auf ein gängiges und am Markt erhältliches Programmiergerät für Speicher-ICs und Mikrokontroller bezieht. Es hat im Zuge der Gestaltung einer konkreten Lerneinheit Einzug in die Ontologie gefunden. Auf diese Weise fungiert *Werkzeug* also auch als Sammelpunkt unterschiedlichster mit dem Thema *Werkzeug* verbundener Informationen. Ausgehend von konkreten Werkzeugen oder Werkzeugklassen kann man zu Prozessen gelangen, in denen sie eingesetzt werden bzw. von Bedeutung sind.

Elektrische_Betriebsmittel		Type(s): Elektrische_Systeme
Names (1)	External Occurrences (1)	
<ul style="list-style-type: none"> • Elektrische_Betriebsmittel 	<ul style="list-style-type: none"> • Definition/Glossar <ul style="list-style-type: none"> ◦ http://de.wikipedia.org/wiki/Betriebsmittel_(Elektrotechnik) 	
Associations (2)	Topics of this Type (3)	
<ul style="list-style-type: none"> • ist Inhalt von <ul style="list-style-type: none"> ◦ EGS Lernfeld 01 - Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen • ist Teil von <ul style="list-style-type: none"> ◦ Elektrische_Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrische_Baugruppen • Elektrische_Bauelemente • Elektrische_Geraete 	

Abb. 92: Topic Map Browser: Darstellung der Sachdimension

In der Elektrotechnik ist man mit elektrischen Betriebsmitteln konfrontiert, Abb. 92 zeigt ein hierfür angelegtes Topic. Über *Definition / Glossar* kann man zu einem digitalen Objekt gelangen, das den Begriff klärt. Der universelle Charakter des Begriffs findet in der Tatsache Ausdruck, dass *Elektrische_Betriebsmittel* der Klasse *Elektrische_Systeme* angehört und gleichzeitig auch Teil (übergeordneter) elektrischer Systeme ist. Ein expliziter Lehrplanbezug ist zu Lernfeld 1 gegeben, zahlreiche weitere implizite Bezüge lassen sich aufdecken, wenn man zu den Unterklassen von *Elektrische_Betriebsmittel* navigiert. Über *Elektrische_Bauelemente* kann man, der Assoziation *Aggregat-Komponente* folgend, zu *Elektrische_Schaltungen*, dann zu *Elektrische_Geräte* sowie schließlich zu *Elektrische_Anlagen* navigieren, wobei sich vielfältige Bezüge zu unterschiedlichen elektrischen Betriebsmitteln zeigen.

Computertechnik
Names (1)
<ul style="list-style-type: none"> • Computertechnik
Associations (11)
<ul style="list-style-type: none"> • beinhaltet <ul style="list-style-type: none"> ◦ Bussysteme ◦ EVA-Prinzip ◦ Firmware ◦ Hardware ◦ Hardwaretreiber ◦ Parallele_Datenuebertragung ◦ Schnittstellen ◦ Serielle_Datenuebertragung ◦ Software • gehoert zu <ul style="list-style-type: none"> ◦ Elektrotechnik ◦ Informatik

Abb. 93: Topic Map Browser: Darstellung der Fachdimension

In Abb. 93 zeigt sich, dass mittels der Ontologie auch eine fachorientierte Dimension verwirklicht ist, wobei eine Grenze zwischen Fach- und Sachorientierung nicht immer einfach zu ziehen ist. Hierzu sind der Ontologie bzw. Topic Map exemplarisch ein so

im Lehrplan nicht zu findendes Fachgebiet *Computertechnik* wie weitere Fachgebiete hinzugefügt und diesen passende Lehrplaninhalte zugeordnet worden. Die Computertechnik hat Bezüge zu den zwei übergeordneten Fachgebieten *Elektrotechnik* und *Informatik*. Dieses lässt sich hier ohne weitere Probleme unmittelbar abbilden, über die entsprechenden Verknüpfungen eröffnen sich weitere Gebiete. Durch Anwahl der beinhalteten Themen des Fachgebietes *Computertechnik* stellen sich auch unmittelbar Bezüge zu Prozessen des Arbeitens und Lernens her, in denen die entsprechenden Themen von Relevanz sind. Die Verschränkung fach- und handlungsorientierter Strukturierungen ist damit integrativer Bestandteil des ontologiebasierten Organisationssystems.

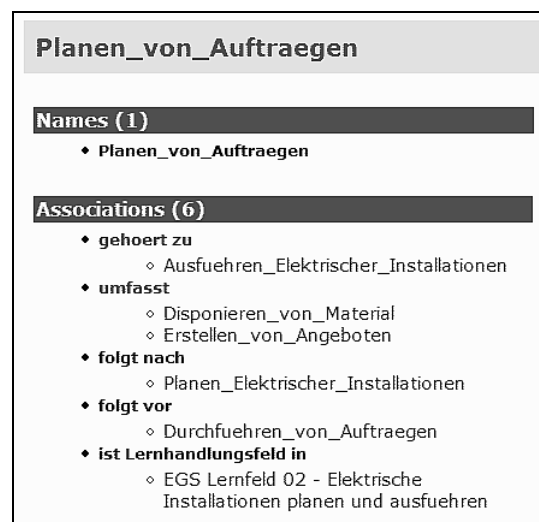


Abb. 94: Topic Map Browser: Sequenzierung von Prozessphasen

Schließlich zeigt Abb. 94 im Grundsatz, wie sich mit einer Assoziation *Vorgänger-Nachfolger* Prozessteile sequenzieren lassen, um so idealisierte Sequenzen aus Prozessphasen des Lernens oder Arbeitens abzubilden. Zu sehen ist ein Lernhandlungsfeld *Planen_von_Aufträgen*, das sich in vielen Lernfeldern findet, hier aber mittels eines lernfeldbezogenen Scopes in der Darstellung auf das beschränkt ist, was im Zusammenhang mit Lernfeld 2 steht. Die Darstellung zeigt den übergeordneten Prozess sowie untergeordnete Teilprozesse. Zudem ist die Einbindung in eine Sequenz von Prozessen der gleichen Betrachtungsebene abgebildet: Vor dem *Planen_von_Auftraegen* ist ein *Planen_Elektrischer_Installationen* vorzunehmen, um eine Grundlage für ein Angebot zu haben. Nach Abschluss der Planung steht die *Durchführung_von_Auftraegen* an. Das Erzeugen und Zusammenfassen von Nebenläufigkeiten ist unproblematisch und stellt sich dann in der Form mehrerer Vorgänger oder Nachfolger entsprechend dar.

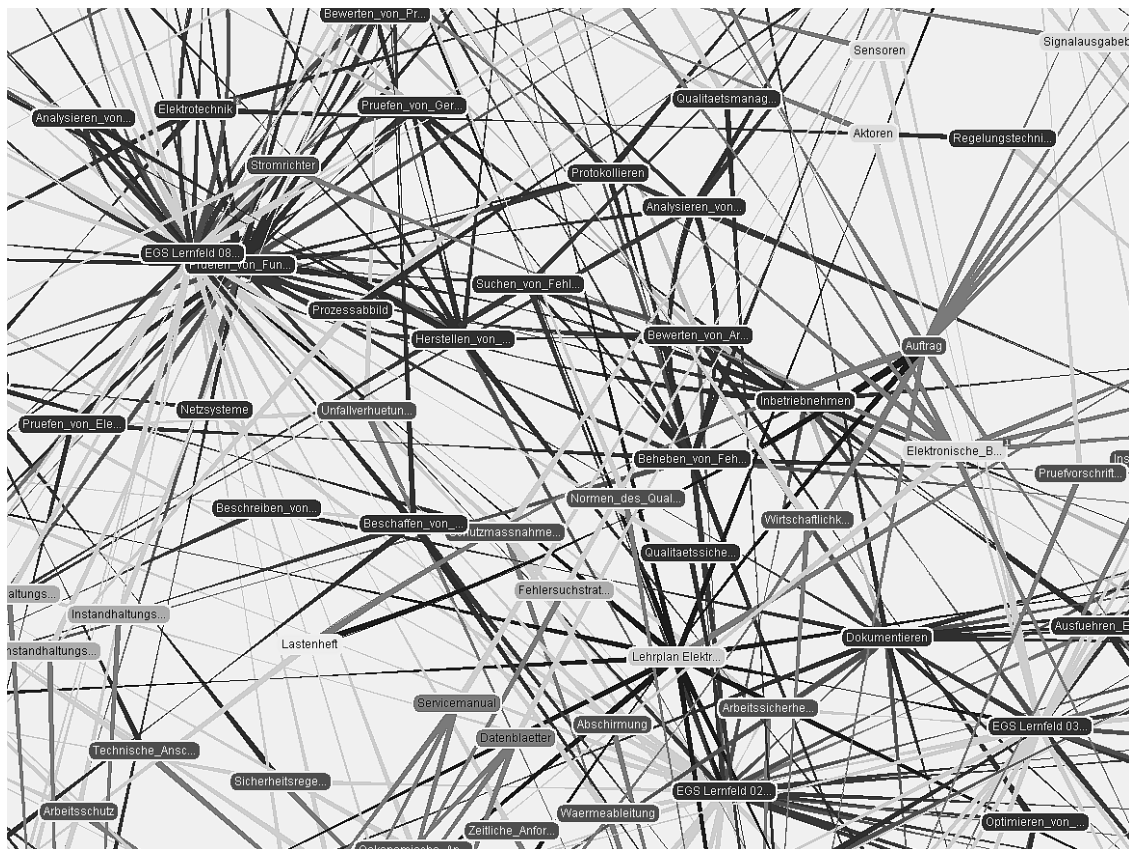


Abb. 95: Topic Map Browser: Visualisierung des semantischen Netzes

Mit dem verwendeten Topic Map Browser ist auch eine Visualisierung des durch die Topic Map gegebenen semantischen Netzes möglich, dessen Komplexität Abb. 95 veranschaulicht. Bei der Wertung der Darstellung ist zu berücksichtigen, dass man den Zoomfaktor der Darstellung verändern und so auch konzentriert einzelne Topics in den Blick nehmen kann. Zudem ist einstellbar, um welche Anzahl von Assoziationschritten die Darstellung um ein betrachtetes Topic herum erweitert werden soll. Farblich unterschiedene Assoziations-Typen und Assoziationen, die bei Kontakt mit dem Mauszeiger die Rollen der beteiligten Topics preisgeben, helfen, Orientierung zu gewinnen. Zudem kann die Topic Map in der Visualisierung wie auch in der insgesamt deutlich informativeren Textdarstellung nach Begriffen abgesucht werden.

Im Rahmen der hier durchgeführten Anwendung und exemplarischen Evaluation der zuvor entwickelten Ontologie zur Organisation digitaler Objekte in der Arbeit von Lehrkräften haben sich keine Indizien dafür ergeben, dass die Ontologie den in Unterkapitel 5.2 formulierten Anforderungen nicht gerecht wird. Es wurden auch keine Anzeichen für logische oder strukturelle Defizite der Ontologie gefunden. Damit ist auch in Hinblick auf die letzte Forschungsfrage (F 13) exemplarisch aufgezeigt, wie eine

Ontologie zur verbesserten Organisation digitaler Objekte ausgestaltet werden kann. In einem nächsten Schritt wäre zu prüfen, in welchem Maße sich diese Ontologie im Rahmen der Arbeit von Lehrkräften praktisch bewährt und Akzeptanz findet und welche Weiterentwicklungen der Ontologie und darauf basierender Anwendungen und Organisationsprozesse im Rahmen evolutionärer Zyklen formativer Evaluation notwendig und erreichbar sind (vgl. Unterkapitel 1.4.1).

5.5 Entwicklungsbereiche und weiterführende Arbeiten

Für eine weitergehende Evaluation der Ontologie in der Arbeit von Lehrkräften ist diese zunächst zu ergänzen und anzureichern und schließlich auch in der Art praxistauglicher IKT-Anwendungen zu implementieren. Betrachtet man zunächst im Einzelnen die Ontologie bzw. die Topic Map, so lassen sich hier wenigstens folgende weitere Arbeiten unmittelbar benennen: Bereits angeführt wurde, dass die Ontologie in ihren Kernstrukturen noch zu vervollständigen ist, es fehlen beispielsweise noch Berufsfelder und Fächer. Die entsprechende Topic Map sollte noch dahingehend ausgebaut werden, dass alle global gültigen Topics mittels *Published Subject Indicator* (PSI) auch öffentlich referenzierbar sind, um einen Mechanismus zur Herstellung der Identität von Topics in den unterschiedlichen Maps einer anvisierten Gruppe von Nutzern zu etablieren⁵⁶. Weitere Entwicklungsbereiche der Topic Map sind darin zu sehen, dass in der Perspektive eine in Form unterschiedlicher Maps realisierte Trennung der Kernstrukturen der Ontologie im Sinne eines Deklarationsteils von deren Anwendung erfolgen sollte. Zudem könnten in der Perspektive Regeln und Beschränkungen ergänzt werden, um die Freiheitsgrade der Anwendung zugunsten einer besseren Kooperation einzugrenzen.

Notwendige strukturelle Ergänzungen der Ontologie um weitere Kernelemente wie auch weitere Assoziations-Typen, Scope-Typen und Occurrence-Typen sind jederzeit möglich und können im Rahmen einer größer angelegten modellhaften Erprobung prozessbegleitend erfolgen. Dabei ist darauf zu achten, sehr komplexe und damit nutzungsunfreundliche Strukturen zu vermeiden. Zudem sind, wie schon angedeutet, auch in der

⁵⁶ Beispielsweise könnten derartige PSI im Rahmen der Website der Kultusministerkonferenz, die ja dem Thema Vereinheitlichung in besonderer Weise verpflichtet ist, angesiedelt werden.

bestehenden Ontologie zahlreiche weitere Instanzen schon vorhandener Assoziations-Typen sinnvoll ergänzbar. Konkret wurden die vielfältigen Bezüge zwischen den dem Lehrplan entnommenen generischen Prozessen und diesen zugeordneten Anforderungen, Werkzeugen usw. noch nicht in die Ontologie übertragen.

Insgesamt ist eine Ontologie eine lebendige, eine wachsende und sich partiell auch ändernde Struktur. Für eine breiter angelegte Erprobung der Ontologie wäre es notwendig, weitere lehrplanbasierte Begriffsfelder und damit Bildungsgänge zu integrieren. Dabei handelt es sich genau genommen immer um Änderungen auf Ebene 4 des dargestellten Ebenen-Modells (siehe Abb. 76 auf Seite 202). Während auf Ebene 4 Ergänzungen und auch Änderungen vergleichsweise unproblematisch sind, ist bei Modifikationen auf Ebene 5 mit Vorsicht vorzugehen. Dort kann mit ungeeigneten Maßnahmen die Konsistenz der gesamten Ontologie beeinträchtigt werden. Letztlich sind Änderungen auf Ebene 4 und Ebene 5 als miteinander verkoppelte Prozesse zu betrachten. Änderungen auf Ebene 5 geben den Rahmen des auf Ebene 4 Machbaren wieder, Fehlentwicklungen wie Bedarfe auf Ebene 4 machen Änderungen auf Ebene 5 erforderlich. Dieses abschließend ist mit Blick auf eine breit angelegte Erprobung der Ontologie zu empfehlen, eine explizite und in der Anzahl der einbezogenen Personen begrenzte Zuständigkeit zur Pflege und Weiterentwicklung der Metaebene im Sinne eines Ontologie-Managements vorzusehen.

Weitere zur Fortführung dieser Arbeit zu klärende und hier nur der Vollständigkeit halber angedeutete Fragen ergeben sich, wenn man die Organisation digitaler Objekte im Kontext eines notwendigen übergeordneten Ansatzes des individuellen wie kooperativen Informations- und Wissensmanagements betrachtet. Ein solcher ist stets als ein konzeptionelles Bündel personeller, organisatorischer wie auch technologischer Maßnahmen zu betrachten, in dessen Mittelpunkt Lehrkräfte stehen, die in ihrer Arbeit zu unterstützen sind (vgl. Abschnitt 2.2.3).

In einem derartigen Ansatz ist zu klären, welches geeignete Software-Anwendungen zur Umsetzung des Vorhabens sind, wobei es von besonderer Wichtigkeit ist, dass die Ontologien von eingesetzten Software-Anwendungen unabhängig sind und damit immer im Raum offener Standards verfügbar bleiben. Aktuelle Beiträge hierzu liefern GOTTSCHICK / FRIEDRICH / BILLIG 2005 und SANDKUHL 2005.

Eine insgesamt große und nachhaltige Verbreitung werden ontologiebasierte Verfahren insbesondere dann finden können, wenn die zu ihrer Anwendung erforderlichen Software-Werkzeuge integrativer Bestandteil der Software-Standardausstattung eines jeden IKT-Systems sind, mithin als Funktionen des Betriebssystems etabliert und dann im Zuge jeder darauf aufsetzenden Anwendung nutzbar sind. Im Sinne eines Information-Lifecycle-Managements sind sicher Fragen der Versionierung, Langzeitarchivierung und auch Löschung digitaler Objekte zu klären, wobei gerade Letzteres mit Blick auf die häufig geübte Praxis des Kopierens keineswegs trivial ist. Ein einmal entlassenes digitales Objekt ist kaum wieder einzufangen oder auch nur zu korrigieren. Und auch Fragen des Urheberrechtes sind mit Blick auf kooperative Ansätze auf die Agenda zu setzen, mittlerweile auch nach deutschem Recht verfasste Open Content Lizenzen bieten hier wichtige Ansatzpunkte.

Zu klären ist ebenso, wie Lehrkräfte gewonnen werden können, an einer kooperativen Organisation zu partizipieren, wobei Unterkapitel 4.6 hier wichtige Hinweise gibt. Hilfreich wäre es, wenn eine Einbeziehung der ersten und auch zweiten Phase der Lehrerbildung gelänge. So könnten beispielsweise im Studium von angehenden Lehrkräften entwickelte Medien, Materialien und auch Ergebnisse zunehmender durchgeführter Arbeitsprozessstudien im Rahmenwerk der Ontologie abgelegt werden und so Anreize für die Auseinandersetzung mit den zur Organisation verwendeten Strukturierungen schaffen. Allerdings ist auch die im Rahmen der Erhebung gewonnene maximale Dauer einer Einarbeitungszeit von nur einigen Stunden in Betracht zu ziehen. Das Abrufen geeigneter Objekte aus einem entsprechend strukturierten Web-Portal mag in einem solchen Zeitrahmen erlernbar sein, für die Bereitstellung eigener Objekte und die idealtypisch auch vorzunehmende Restrukturierung der individuellen Organisationsansätze ist sicher deutlich mehr Zeit notwendig.

6 Schlussbetrachtung

In Kapitel 1.4 wurde als übergeordnetes Ziel der Arbeit formuliert, die Ausgangs- und Bedarfslage der Organisation digitaler Objekte in der Arbeit von Lehrkräften zu klären und Ansätze für ein effizienteres individuelles wie kooperatives Nutzen digitaler Objekte zu entwickeln, um damit die Verfügbarkeit relevanter Informationen zu verbessern. Rückblickend ist festzustellen, dass allein die genaue Klärung der Bedarfs- und Ausgangslage in der durchgeführten Form mit einem erheblichen und zum Teil unerwarteten Aufwand verbunden war. So hat beispielsweise die Entwicklung des eingesetzten Analyse-Programms erhebliche Zeit in Anspruch genommen. Auch der Aufwand zur Entwicklung einer Ontologie und insbesondere zur exemplarischen Anwendung und Evaluation der Ontologie im Rahmen eines größeren Begriffsfeldes war erheblich und konnte im Rahmen dieser Arbeit nur unter Vornahme geeigneter Eingrenzungen und Beschränkungen gelingen.

Hierzu gehören die nicht vollständig abgeschlossene Übertragung der im zugrunde gelegten Lehrplan zu findenden Bezüge. Zudem wurden nur wenige digitale Objekte exemplarisch im Rahmen der Ontologie organisiert. Explizit verfügbare Definitionen der im Rahmen der Ontologie eingeführten Kategorien wären mit Blick auf eine weitere Erprobung und Weiterentwicklung des Konzeptes noch zu erstellen, wobei ggf. auch eine Bezugnahme auf bestehende allgemeine Ontologien erfolgen könnte.

Die Zusammenfassung der Ergebnisse einleitend ist an dieser Stelle der Sorgfalt halber nochmals auf die Grenzen der Generalisierbarkeit insbesondere der Erhebungsergebnisse hinzuweisen, die sich auf Intensitäten der IKT-Anwendung beziehen. Auf der anderen Seite können die hier ermittelten Verfahrensweisen, Problembereiche und Bedarfe von Lehrkräften in der Organisation digitaler Objekte unter der Voraussetzung vergleichbarer IKT-Nutzungsintensitäten als durchaus typisch betrachtet werden (vgl. Unterkapitel 4.2).

Eine sich schnell wandelnde und durch das Hervorbringen von Neuem komplexer werdende Arbeits- und Lebenswelt bewirkt, dass Menschen zunehmend weniger auf bereits erworbenes Wissen und bewährte Schemen zurückgreifen können. Erfolgreiches Handeln bedarf daher des steten Lernens, wobei die Reichweite wie auch die Halbwertszeit des Erlernten in der Tendenz geringer wird. Diese nicht neuen Zusammenhänge haben zur Notwendigkeit eines lebensbegleitenden Lernens wie einer stärkeren Fokussierung

auf Metaqualifikationen im Sinne des *Lernen Lernens* geführt. Lernprozesse vollziehen sich in der Folge zunehmend bedarfsorientiert und damit auch zunehmend informell und individualisiert, die Verfügbarkeit jeweils geeigneter Informationen ist hierfür eine wichtige Voraussetzung. Die Arbeit von Lehrkräften ist von dieser Entwicklung im Besonderen, weil mehrfach, betroffen, da sie sich stets auch an der späteren Arbeit der in unterschiedlichen Berufen oder Bildungsgängen Auszubildenden und Lernenden orientieren muss. Nahezu alle Lehrkräfte geben an, dass die Menge der zur erfolgreichen Ausübung ihrer Arbeit notwendigen Informationen steigt (vgl. Hypothese H 1).

Für 95 Prozent der befragten Lehrkräfte haben IKT-Systeme eine hohe bzw. für etwa zwei Drittel gar eine sehr hohe Bedeutung für ihre Berufsarbeit. Deren beruflich veranlasste wöchentliche Nutzungsdauer liegt bei zwei Drittel der Befragten bei mehr als 10 Stunden, bei über der Hälfte bei mehr als 15 Stunden und schließlich bei etwa einem Viertel bei mehr als 20 Stunden. Legt man eine normale Arbeitwoche zugrunde, ist also für dieses letztgenannte Viertel der befragten Lehrkräfte die Hälfte der Arbeitszeit durch Arbeit mit Computern geprägt. Die drei zentralen Funktionen, in denen IKT-Systeme von rund 90 Prozent der befragten Lehrkräfte regelmäßig angewendet werden, sind die eines Autorentextsystems zur Gestaltung von Texten, wie z. B. Klassenarbeiten und Informationsblätter, eines (E-Mail)-Kommunikationssystems und die eines Systems zur Informations- und Ressourcenbeschaffung im Internet. Weitere von wenigstens 80 Prozent bis hin zu 90 Prozent der Lehrkräfte regelmäßig oder gelegentlich genutzte Funktionen sind die eines Präsentations- und Visualisierungssystems und eines Kalkulationssystems (vgl. H 2).

Digitale Objekte sind letztlich auf der digitalen Ebene geronnene Konstruktionen des Wissens, die gegenüber materiell geprägten Informations-Objekten mit besonderen Eigenschaften versehen sind (vgl. Unterkapitel 2.2) und als besonders flexible Spielart struktureller Information die jeweils erforderliche Konstruktion von Wissen nachhaltig unterstützen können (vgl. Unterkapitel 2.1). Ihre Bedeutung in der Arbeit von Lehrkräften steigt verbunden mit dem zunehmenden Informationsbedarf wie dem fortschreitenden Einsatz von IKT-Systemen an. Von den befragten Lehrkräften wird der Anteil der digitalen Objekte an den zur Ausübung der Berufsarbeit erforderlichen Informationen im Durchschnitt auf deutlich über 50 Prozent beziffert. Die durchgeführten Analysen haben allein unter Berücksichtigung der genannten drei Kernanwendungen typisch

einige Tausend bis mehrere Zehntausend digitale Objekte auf beruflich genutzten IKT-Systemen ergeben, die es zu organisieren gilt (vgl. H 3).

Die Verfügbarkeit geeigneter digitaler Objekte ist eine wichtige Voraussetzung zum erfolgreichen Vollzug der Arbeit von Lehrkräften. Eingedenk der besonderen Eigenschaften digitaler Objekte, wie der netzbasierten Verbreitung und stets gegebenen Modifizierbarkeit, eröffnen sich gegenüber tradierten Informations-Objekten Möglichkeiten, die Verfügbarkeit geeigneter Objekte im Zuge kooperativer Ansätze des gegenseitigen Nutzens substanziell zu verbessern. Immerhin drei Viertel der befragten Lehrkräfte bekunden unter gewissen Vorbehalten die Bereitschaft zur aktiven Teilhabe an einer netzbasierten Zusammenarbeit. Wichtig ist, derartige Kooperationslösungen einfach auszugestalten, so dass der zur Bereitstellung eigener Objekte zu leistende Mehraufwand möglichst gering ist und die insgesamt hierzu notwendigen Verfahrensweisen innerhalb weniger Stunden erlernt werden können (vgl. H 4).

Um den Zugriff auf die große Anzahl digitaler Objekte effizient auszugestalten, gilt es diese in geeigneter Weise zu kategorisieren und dementsprechend zu organisieren. Die Erhebung verwendeter wie wünschenswerter Weise zu berücksichtigender Ordnungsmerkmale hat zusammenfassend ergeben, dass sehr viele Merkmale mit unterschiedlichen Bezugsdimensionen bedeutsam sind. So werden digitale Objekte zusammengefasst, um z. B. alle Objekte für ein spezifisches Thema oder Unterthema, für einen Bildungsgang, eine Klasse, für ein Lernfeld oder Lerngebiet oder auch für ein konkretes Unterrichtsprojekt sichtbar zu machen. Neben solchen schulorganisatorisch wie curricular orientierten Differenzierungen spielen auch methodisch-medial orientierte Merkmale eine Rolle in der Organisation digitaler Objekte. So werden die Funktion eines Objektes im Lehr-Lernkontext (Selbstlernertext, Klassenarbeit, Übungsaufgaben usw.) und insbesondere für Selbstlernmaterialien relevante Merkmale wie z. B. der Schwierigkeitsgrad der dargebotenen Inhalte als bedeutsam erachtet.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass digitale Objekte in der Arbeit von Lehrkräften in einer Weise organisiert werden müssen, die für unterschiedliche Handlungskontexte optimierte Sichten auf die Objekte ermöglicht, indem sie eine Vielzahl in unterschiedlicher Weise miteinander verwobener semantischer Dimensionen berücksichtigt. Auf diese Weise lässt sich ein Objekt dann beispielsweise alternativ in einen fachwissen-

schaftlichen oder einen an Arbeitsprozessen orientierten Zusammenhang bringen (vgl. H 5).

Bei über 90 Prozent der befragten Lehrkräfte entsprechen die der Organisation digitaler Objekte zugrunde liegenden Konzepte und Verfahrensweisen mit Einschränkungen denen, die auch zur Organisation tradierter Informations-Objekte verwandt werden. Die Übereinstimmungen gründen vermutlich auf unverändert relevante Ordnungskategorien wie in der Verwendung der auch in IKT-Systemen vorzufindenden Ordner bzw. Verzeichnisse, die Gruppen zusammengehöriger Objekte beherbergen. Unterschiede liegen sicher in der vielfach geübten Praxis, in Ordnern immer wieder Unterordner anlegen zu können und hierbei ohne Ansehen der Größe von Ordnern eine Tiefe von typisch neun Staffelebenen auszunutzen. Die zur Organisation digitaler Objekte eingesetzten Arbeitsmittel beschränken sich fast ausschließlich auf den Funktionsumfang des Betriebssystems Windows, wobei die damit gegebenen Möglichkeiten nicht umfassend genutzt und optimal eingesetzt werden. Es wird z. B. kaum mit Verknüpfungen gearbeitet, um ein Objekt in unterschiedlichen Dimensionen zu verorten. Auch wird dem Thema Datensicherung gemessen an der hohen bis sehr hohen Bedeutung digitaler Objekte für die tägliche Arbeit eine überraschend geringe Aufmerksamkeit beigemessen, so dass insgesamt von einem deutlich ausbaufähigen Professionalisierungsgrad der Lehrkräfte in der Organisation digitaler Objekte auszugehen ist (vgl. H 6).

Die Vielzahl notwendiger wie relevanter Ordnungsdimensionen zur Organisation digitaler Objekte führt in Kombination mit verzeichnisbasierten Organisationsansätzen zu hochgradig differenzierten und tief gestaffelten Baumstrukturen. Zur Abbildung der zahlreichen gewünschten Differenzierungen in einem eindimensional hierarchischen Verzeichnis-System finden sich häufig unterschiedliche Relationen zwischen Verzeichnissen und zugehörigen Unterverzeichnissen auf gleicher Ebene wieder. Den so entstehenden Strukturen liegt in der Regel keine durchgängige Systematik im Sinne einer Hierarchie oder Taxonomie zugrunde. Sie sind vielmehr Ergebnis einer an Einzelfällen orientierten Pragmatik, in der ein Verzeichnis für eine fallspezifische Kombination unterschiedlicher Ordnungsmerkmale steht und hier ggf. auch nur als neue Sicht auf Objekte fungiert, die an anderer Stelle schon gespeichert sind.

In der Konsequenz wächst die Anzahl der Verzeichnisse mit der Anzahl der zu organisierenden digitalen Objekte, typisch finden sich etwa zehn digitale Objekte sowie drei

Unterverzeichnisse pro Verzeichnis. Bei typisch 10000 zu organisierenden Objekten kommt man in einem solchen System rein rechnerisch mit sechs Ebenen aus, praktisch verteilen sich die benötigten etwa 1000 Verzeichnisse auf typisch neun Verzeichnisebenen. Die vergebenen Verzeichnisnamen sind durchschnittlich nur zehn Zeichen lang, so dass sich die Bestimmung eines Verzeichnisses in der Regel erst aus dem Kontext innerhalb der Verzeichnisstruktur erschließen lässt. Die für digitale Objekte verwendeten Dateinamen sind mit typisch zehn Zeichen ähnlich kurz gehalten und bieten kaum Raum, die vielfältigen relevanten Metainformationen in unkodierter Weise aufzunehmen.

Abgesehen von den erheblichen Defiziten, die eine solche Organisation im Lichte einer kooperativen Nutzung digitaler Objekte hat, führt diese auch schon im Kontext der individuellen Organisation zu Schwierigkeiten. So werden das Zusammenführen aller in einer Situation benötigten Objekte, das (davon nicht losgelöste) Vermeiden der Mehrfachspeicherung, das Unterscheiden unterschiedlicher Versionen von Objekten wie schließlich das Beseitigen nicht mehr benötigter Objekte von etwa der Hälfte der Befragten als überwiegend mit Schwierigkeiten behaftet eingestuft. Insgesamt steigt der geäußerte Schwierigkeitsgrad mit einer wachsenden wöchentlichen Nutzungsdauer von IKT-Systemen wie einer damit in der Regel verbundenen steigenden Anzahl zu organisierender digitaler Objekte signifikant an. Unter Einbeziehung eines steigenden Anteils berufsrelevanter digitaler Objekte ist von einer deutlichen Zunahme der Probleme in der Organisation digitaler Objekte auszugehen, wenn keine Abkehr von den derzeit verbreiteten Organisationsansätzen erfolgt (vgl. H 7).

Mit den Technologie-Standards *Learning Object Metadata* und *Topic Maps* sind Ansätze verfügbar, die mehrdimensionale semantische Verortungen digitaler Objekte erlauben und die individuelle Organisation digitaler Objekte substanziell verbessern sowie auch kooperative Ansätze befördern können. Beide Ansätze trennen die Ablage von Objekten von unterschiedlichen Sichten auf dieselben. Sie sind in ihrer Herangehensweise grundsätzlich verschieden und können kombiniert werden. Der LOM-Standard ist mit dem zugrunde gelegten Metadaten-Ansatz objektzentriert angelegt, wobei nicht das Metadaten-Konzept als solches, sondern die bildungs-domänenspezifische Ausprägung geeigneter Beschreibungskategorien Gegenstand des Standards ist. Diese Beschreibungskategorien bilden dann idealtypisch die von Lehrkräften als relevant erachteten Ordnungsmerkmale für jedes Objekt ab. Bei Suchoperationen können unter Bezugnah-

me auf diese Ordnungsmerkmale zielgenaue Sichten auf passende Objekte generiert werden. Der Topic Map Standard ist im Gegensatz dazu themenzentriert angelegt. Im Mittelpunkt steht ein semantisches Netz, das die relevanten Ordnungsdimensionen und Strukturen einer Domäne repräsentiert und dem digitale Objekte spezifisch zugeordnet werden können. Vergleicht man zwei in gleichermaßen elaborierter Weise erzeugte Ordnungssysteme der beiden Ansätze, so ist der Metadaten-Ansatz dann von Vorteil, wenn ein bestimmtes Objekt gesucht wird und dieses Objekt auch genau spezifiziert werden kann. Der TM-Ansatz ist dann vorteilhafter, wenn Informationen zu einem Thema gesucht werden, ohne schon den Blick auf ein spezifisches Objekt gerichtet zu haben. Er ist insbesondere auch dann vorteilhaft, wenn ein Thema oder ein Themengebiet erst explorativ erschlossen werden soll und die genauen Zusammenhänge noch unklar sind. Topic Maps haben auch ohne schon zugeordnete digitale Objekte sinnvolle Anwendungen. Zudem ist mit unterschiedlichen Sichten ein Mechanismus verfügbar, der insbesondere auch kooperative Ansätze unterstützt.

Manche im Kern objektbezogenen Informationen, wie z. B. das Erstellungsdatum, erscheinen innerhalb einer im Ansatz objektunabhängigen Topic Map deplatziert, während auf der anderen Seite der Versuch, über die Verknüpfung von Objekten im LOM-Datenelement *Relation* semantische Netze zu erzeugen, ebenso wenig zielführend erscheint. Will man innerhalb einer Objekt-Organisation spezielle Verwendungskontexte von Objekten, wie z. B. den Einsatz im Unterricht in bestimmten Schulklassen, kodieren, so müsste dieses bei einem Metadaten-Ansatz innerhalb der Metadaten erfolgen, was bei einem kooperativen Nutzen dieses Metadatensatzes zu seltsamen Auswüchsen führt. In einem TM-basierten Ansatz lässt sich derartiges innerhalb einer individuellen Sicht hingegen ohne Probleme kodieren.

Insgesamt ist ein Topic Map basiertes System zu bevorzugen, da es eine von konkreten Objekten abstrahierende Organisation erlaubt und zudem auch objektbezogene Metadaten abbilden kann. Nimmt man noch einmal die von Lehrkräften geübte und an spezifischen Einzelfällen orientierte, verzeichnisbasierte Organisation in den Blick, so lässt sich diese Vorgehensweise Gewinn bringend auf ein TM-basiertes System übertragen, sofern der Topic Map eine diese Einzelfälle adaptierende Ontologie zugrunde gelegt wird und der spezifische Arbeitskontext in der Ontologie damit verortbar ist. Sollen beispielsweise Objekte zur Durchführung einer konkreten Lehr-/Lernsequenz in einer bestimmten Klasse zusammengefasst werden, so muss genau dieser Kontext innerhalb

der Topic Map abbildbar sein. Die relevanten Objekte werden dann zunächst nur diesem spezifischen Kontext zugewiesen. Über die dem Kontext hinterlegte Ontologie findet eine weitere implizite Verortung der Objekte statt. Die konkrete Klasse ist eine Instanz der Klassen zu einem bestimmten Bildungsgang, so dass das Objekt damit für alle anderen Instanzen dieser übergeordneten Klasse verfügbar ist. Das Thema der Lehr-/Lernsequenz des Kontextes hat einen Bezug zum Lehrplan des Bildungsganges und führt über diesen zu weiteren Lehr-/Lernsequenzen zum Thema. Eine derartige implizite ontologiebasierte Verortung eines digitalen Objektes führt also mit begrenztem Aufwand zu mehrfachen Bezügen. Sie ist damit ein Ansatz, der dem mit recht hohem initialen Verschlagwortungsaufwand verbundenen objektbezogenen Metadatenansatz entgegensetzen ist. Unabhängig davon können natürlich auch im TM-basierten Modell jederzeit nachträglich spezifizierende Metadaten ergänzt oder ggf. auch aus dem ontologiebasierten Modell automatisiert extrahiert werden (vgl. H 8).

Deutlich gezeigt hat sich, dass die Nutzung der genannten zwei Technologien zur Organisation digitaler Objekte erst mit der zusätzlichen Verfügbarkeit geeigneter problem- und domänenspezifisch angelegter Ontologien möglich ist, da die spezifische Semantik digitaler Objekte insbesondere im Kontext beruflicher Bildung innerhalb der betrachteten Standards nicht berücksichtigt ist. Mit den in Abschnitt 3.1.2 explizit angeführten LOM-Datenelementen sind erste in didaktischer Perspektive relevante Kategorien einer Ontologie gegeben, die allerdings eher beziehungslos nebeneinander stehen, obwohl sie sich eigentlich gegenseitig bedingen. Mit der in Kapitel 5 der Arbeit entworfenen Ontologie ist aufgezeigt, wie die vielfach auch zwischen unterschiedlichen Ordnungsdimensionen und Kategorien vorhandenen Bezüge repräsentiert und im Sinne einer verbesserten Organisationsstruktur genutzt werden können und welcher weiterer Kategorien es bedarf, um auch den Belangen einer arbeitsorientierten beruflichen Bildung gerecht zu werden. Dabei ist die Ausgestaltung der Ontologie immer mit Blick auf deren Zweck vorzunehmen und es ist stets zu prüfen, welches das noch handhabbare Maß an Differenziertheit im Spannungsfeld zwischen Abstraktheit und Exaktheit der Ontologie ist. Ein gewisses Maß an Ungenauigkeit ist der Nutzbarkeit der Ontologie ggf. durchaus zuträglich.

Im Zuge der eingehenden Beschäftigung mit didaktisch orientierten Ontologien ist deutlich geworden, dass diese das Potenzial haben, die Domäne des Lehrens und Lernens über die Organisation digitaler Objekte hinausgehend zu bereichern. Beispielswei-

se können in Kontexten des selbstgesteuerten Lernens bzw. des E-Learnings Ontologien eingesetzt werden, um strukturierte Übersichten zu Themengebieten zu liefern oder auch eigene Lern- oder Arbeitsergebnisse zu dokumentieren. Zudem können in der Art von Ontologien formulierte Lerneinheiten eine Vielzahl alternativer Lernwege offerieren. Eine ontologiebasierte Formulierung von Bildungsplänen in der Art semantischer Netze könnte helfen, die vielfach gegebenen mehrdimensionalen Bedingtheiten in geeigneter Form abzubilden. Die für den Bereich beruflicher Bildung besonders wichtige Verschränkung fach- und arbeitsprozessorientierter Strukturierungen ist mit Ontologien ohne Probleme zu realisieren. Ontologiebasiert gestaltete digitale *Lehrbücher* könnten im Prinzip auf Knopfdruck zwischen unterschiedlichen Ordnungsdimensionen umschalten. Unter der Voraussetzung, dass sich die eben dargelegten Anwendungen auf eine einheitliche übergeordnete Ontologie stützen, wäre ein Zusammenhang der genannten Teilontologien einschließlich der Ontologie zur Organisation digitaler Objekte in der Arbeit von Lehrkräften gegeben. Berufsbezogene ontologiebasierte Bildungspläne wären auf diese Weise berufsübergreifend vernetzt. Sie könnten so das in komplexen Geschäftsprozessen vorzufindende Zusammenwirken von Menschen unterschiedlicher Professionen repräsentieren und transparenter machen und damit den Erwerb diesbezüglichen Wissens unterstützen.

Neben den eben skizzierten Anwendungsmöglichkeiten von Ontologien im Bildungsbe- reich wird diesen auch in zahlreichen anderen Domänen der Arbeitswelt eine erhebliche Bedeutung zugemessen. Folgt man den Ausführungen der wöchentlich erscheinenden Computer Zeitung (CZ) beispielsweise über den Zeitraum des Jahres 2005, so finden sich in nahezu jeder zweiten Ausgabe Berichte über Ansätze und Projekte zur Entwick- lung ontologiebasierter Verfahren bzw. den Einsatz semantischer Technologien in unterschiedlichsten Bereichen, die aber vielfach noch Pilotcharakter haben und die Phase produktiver Nutzung noch nicht erreicht haben⁵⁷.

In gewisser Weise lassen sich Meta-Ontologien wie Topic Maps oder auch OWL in Analogie zu elaborierten Programmiersprachen betrachten. Dort begann man mit der direkten Eingabe von Maschinenbefehlen, schuf dann Assembler, Hochsprachen und

⁵⁷ vgl. hierzu z. B. Computer Zeitung Nr. 41 / 10. Oktober 2005, S. 2: „Fehlende Tools behindern die produktive Ontologie-Nutzung“.

schließlich objektorientierte Hochsprachen und bewegte sich dabei weg von den Maschinenstrukturen und hin zum eigentlichen Problem. Und obwohl sich jedes noch so komplexe Programm letztlich auch in Form einer Maschinensprache darstellen lässt, käme keiner auf die Idee, Maschinensprachen und objektorientierte Hochsprachen als gleichwertig zu betrachten bzw. komplexe Anwendungssysteme in Maschinensprache zu kodieren. Ähnlich verhält es sich mit Meta-Ontologien. In der praktischen Realisierung lässt sich jede Ontologie in der Art einer speziellen Datenbank darstellen, im Prinzip also auch in der Art einer Datenbank entwickeln. Mit der Verwendung von Topic Maps oder anderen Meta-Ontologien sind speziell für derartige Vorhaben entwickelte Sprachen gegeben, die eine einfache und flexibel erweiterbare Formulierung von Ontologien erlauben und die Ontologie als solches in ihren Strukturen erkennbar abbilden. So gefasste Ontologien helfen, Strukturen zu explizieren und zu kommunizieren. Dies kann die Kooperation von Menschen wie auch den Einsatz IKT-gestützter Verfahren nachhaltig verbessern, sofern die Ontologien, und dies ist essenziell, auch im Sinne einer „shared conceptualisation“ etabliert und genutzt werden. Erst die in der Anwendung gelebte Ontologie ist mehr als nur ein Modell und ist dann Ontologie im Sinne des Seins ihrer Anwendung (vgl. H 9).

Der im ersten Kapitel dieser Arbeit thematisierte informatisierungsbedingte Wandel der Arbeit von Lehrkräften ist nur ein spezifischer Ausschnitt eines gesamtgesellschaftlichen Prozesses des steten Hervorbringens von Neuem. Einher geht eine wachsende Komplexität und gegenseitige Bedingtheit der Elemente der Menschen umgebenden Arbeits- und Lebenswelt. Die Entstehung neuer Strukturen ist, wie in Unterkapitel 2.1 ausgeführt, ein emergenter Prozess der Informationsentstehung und häufig auch begleitet durch die diesbezügliche Erzeugung entsprechender neuer digitaler Objekte, die im Rahmen der skizzierten virtuellen Reichweite des Menschen IKT-gestützt global erreichbar und sichtbar sind (siehe Abb. 26 auf Seite 72). Mit dem zunehmend komplexer werdenden Informationsangebot wird die Relation der in einem jeweiligen Handlungskontext benötigten Information zur insgesamt verfügbaren Information mit Blick auf einen unmittelbaren Zugriff immer ungünstiger.

Der jeweilige Kontext des Handelns ist eher spezifisch und lokal, während die Information im globalen Kontext verfügbar ist. Abhilfe schafft hier komplexitätsreduzierende Information über Information, wobei diese so angelegt sein muss, dass sie Anknüpfungspunkte zum unterstützenden Einsatz von IKT-Systemen bietet. Zwei Möglichkei-

ten hierzu wurden thematisiert. Im Gegensatz zum informations- bzw. objektzentrierten Metadatenansatz, der Informationen über angebotene digitale Objekte liefert, steht der situationsbezogene und damit bedarfsorientierte ontologiebasierte Ansatz. Hier liefert der spezifische Handlungskontext die ordnende Struktur, mit der die digitalen Objekte verknüpft werden. Dieser Handlungskontext ist im Allgemeinen mehrdimensional zu beschreiben, was insbesondere im Rahmen spezifischer Ontologien ohne Probleme gelingt.

In der Entwicklung hin zu immer mehr digitalen Objekten und einem damit verbundenen steigenden Bedarf an ordnenden Strukturen kommt Lehrkräften die Schlüsselrolle zu, junge Menschen hierauf vorzubereiten. Während die Schlüsselrolle der Lehrkräfte in der Grundlegung und Anbahnung der Nutzung von IKT-Anwendungen im Allgemeinen durchaus schon vor Jahrzehnten erkannt und in entsprechende Bildungsmaßnahmen umgesetzt wurde, rückt nun der damit einhergehende spezifische Aspekt der Organisation digitaler Objekte zunehmend ins Blickfeld. Im Rahmen dieser Arbeit wurde hinsichtlich der diesbezüglichen Verfahrensweisen von Lehrkräften ein erhebliches Entwicklungspotenzial in Richtung einer effizienteren individuellen wie auch stärker kooperativen Organisation digitaler Objekte ausgemacht. Hier zu Verbesserungen zu kommen, würde zu einer erhöhten Verfügbarkeit geeigneter und z. B. als Lehr- und Lernmedien fungierender digitaler Objekte führen und somit Lehr- und Lernprozesse effektiver auszugestalten helfen. Damit verbunden würden auch die Kompetenzen von Lehrkräften, die Organisation digitaler Objekte zum Gegenstand des Lehrens und Lernens in der Schule zu machen, steigen. Derartige Kompetenzen werden ohne Zweifel zunehmend bedeutsamer, beispielsweise haben neueste Projekte im Zuge der umfassenden Digitalisierung zum Ziel, 15 Millionen Werke der Buchwelt in digitale Objekte zu überführen⁵⁸.

Didaktisch orientierte Ontologien haben das Potenzial, das Lehren und Lernen der Menschen nachhaltig zu unterstützen. Für den Teilbereich der Arbeit von Lehrkräften wurde eine Ontologie entwickelt, die zentrale Aspekte einer arbeitsorientierten Didaktik implementiert und eine individuelle wie kooperative Organisation digitaler Objekte

⁵⁸ vgl. Der Spiegel, Heft 34, 2005, S. 118ff.

substanziell verbessern kann. Die Nutzung von Ontologien geht mit einem Weniger an Individualität und einem Mehr an kollektiv verbindlichen Strukturierungen und Vorgehensweisen einher. Dies schafft verbesserte Bedingungen für die zwischenmenschliche Kommunikation und Kooperation und liefert zudem Ansatzpunkte für eine verbesserte IKT-Unterstützung. Für den Bereich der Organisation digitaler Objekte in der Arbeit von Lehrkräften wird empfohlen, individuelle Organisationsstrukturen zugunsten domänenspezifisch vereinheitlichter ontologiebasierter Organisationsansätze zurück zu nehmen. Die Vorteile einer solchen Vorgehensweise wurden benannt: In individueller Perspektive ist damit ein effektives Organisationssystem verfügbar, das eine auf die spezifischen Bedarfe der Arbeit von Lehrkräften abgestimmte mehrdimensionale Organisation digitaler Objekte ermöglicht. Zudem wird die Orientierung in entsprechend organisierten kooperativ genutzten Internet-Portalen mit arbeitsrelevanten Objekten vereinfacht. Das Bereitstellen eigener digitaler Objekte gelingt im Rahmen der impliziten ontologiebasierten Verortung ohne wesentlichen Mehraufwand. Fremderstellte Objekte fügen sich problemlos in das eigene Organisationssystem ein.

Allerdings ist es im Rahmen des laut Erhebung für Lehrkräfte akzeptablen Aufwandes kaum möglich, die hierfür erforderlichen Voraussetzungen zu schaffen. Die Umstellung von Organisationsstrukturen ist mit großem Aufwand verbunden. Der Nutzen wird oft erst sichtbar, nachdem ein erheblicher initialer Mehraufwand geleistet worden ist. Somit kommt der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften künftig verstärkt die Aufgabe zu, hierfür erforderliche Voraussetzungen zu schaffen, indem ontologiebasierte individuelle wie kooperative Organisationsansätze eine verstärkte Berücksichtigung finden. In der Perspektive ist mit Ontologien zudem ein Instrument gegeben, das gewisse Steuerwirkungen in Hinblick auf eine prospektive Ausgestaltung des Lehrens und Lernens entfalten kann, wie das Beispiel der hier vorgenommenen Berücksichtigung auch arbeitsprozessorientierter Strukturierungen zeigt. In der weiteren Perspektive sind oben bereits genannte neue Anwendungsfelder diaktisch ausgerichteter Ontologien einschließlich der ontologiebasierten Formulierung beruflicher Curricula, die sich unmittelbar in Organisationssysteme digitaler Objekte einfügen, mit erheblichen Potenzialen versehen, das Lehren und Lernen zu bereichern und zu verbessern.

Quellenverzeichnis

- ADL (ADVANCED DISTRIBUTED LEARNING INITIATIVE): Content Object Reference Model (SCORM). Version 1.2. The SCORM Overview. October 1, 2001a. URL: http://www.adlnet.org/ADLDOCS/Document/SCORM_1.2_Overview.pdf (Stand: 29.07.2002).
- ADL (ADVANCED DISTRIBUTED LEARNING INITIATIVE): Content Object Reference Model (SCORM). Version 1.2. The SCORM Content Aggregation Model. October 1, 2001b. URL: http://www.adlnet.org/ADLDOCS/Document/SCORM_1.2_CAM.pdf (Stand: 29.07.2002).
- ALBRECHT, F.: Strategisches Management der Unternehmensressource Wissen. Frankfurt am Main: Verlag Peter Lang 1993.
- ALEXANDRIA: A Digital Content Repository. URL: <http://alexandria.netera.ca> (Stand: 02.08.2002).
- ANDERSON, T. / WHITELOCK, D.: The Educational Semantic Web: Visioning and Practicing the Future of Education. In: Journal of Interactive Media in Education (1), 2004. URL: <http://www.jime.open.ac.uk/2004/JIME-2004-EduSemWeb.pdf> (Stand: 29.09.2004).
- ARIADNE (ALLIANCE OF REMOTE INSTRUCTIONAL AUTHORIZING AND DISTRIBUTION NETWORKS FOR EUROPE): URL: <http://ariadne.unil.ch> (Stand: 13.06.2001).
- ARIADNE FOUNDATION: ARIADNE Educational Metadata Recommendation (v 3.1, May 2001). May 2001 URL: http://www.ariadne-eu.org/5_RD/5.1_AFRefDocs/ariadne_metadata_v31.rtf (Stand: 23.01.2002).
- AROYO, L. / DICHEVA, D.: The New Challenges for E-learning: The Educational Semantic Web. J. In: Educational Technology & Society, 7 (4), 2004, S. 59 - 69. URL: http://www.ifets.info/journals/7_4/8.pdf (Stand: 08.07.2005).
- ARTHUR D. LITTLE: Zukunft der wissenschaftlichen und technischen Information in Deutschland. Zusammenfassung der Ergebnisse des internationalen Benchmarking. Zwischenbericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2001. URL: <http://www.dl-forum.de/Foren/Strategiekonzept/ErsteErgebnisse1/Benchmarking.pdf> (Stand: 06.06.2003).
- ARTHUR D. LITTLE; GESELLSCHAFT FÜR INNOVATIONSFORSCHUNG: Zukunft der wissenschaftlichen und technischen Information in Deutschland. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen über das Informationsverhalten von Wissenschaftlern und Unternehmen. Zwischenbericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2001. URL: <http://www.dl-forum.de/Foren/Strategiekonzept/ErsteErgebnisse1/ErsteErgebnisse2/Zusammenfassung.pdf> (Stand: 06.06.2003).
- ARTHUR D. LITTLE; GESELLSCHAFT FÜR INNOVATIONSFORSCHUNG: Zukunft der wissenschaftlichen und technischen Information in Deutschland. Zusammenfassung der Analyse der WTI-Landschaft Deutschland. Zwischenbericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2001. URL: <http://www.dl-forum.de/Foren/Strategiekonzept/ErsteErgebnisse1/wtilandschaft.pdf> (Stand: 06.06.2003).
- AUSBILDUNGSOFFENSIVE BAYERN: URL: www.zab-bayern.de (Stand: 10.08.2003).
- AUSBEL, D.: Psychologie des Unterrichts. Weinheim: Beltz 1974 (1968).
- AWAKE (NETWORKED AWARENESS FOR KNOWLEDGE DISCOVERY): URL: <http://awake.imk.fhg.de> (Stand: 18.07.2003).
- BACKHAUS, K. / ERICHSON, B. / PLINKE, W. / WEIBER, R.: Multivariate Analysemethoden. Berlin: Springer 2000.
- BALZERT, H.: Lehrbuch Grundlagen der Informatik. Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 1999.
- BANNAN-RITLAND, B. / DABBAGH, N. / MURPHY, K.: Learning Object Systems as Constructivist Learning Environments: Related Assumptions, Theories and Applications. In: Wiley, D.A. (Hrsg): The Instructional Use of Learning Objects. Assoziation for Instructional Technology, Assoziation for Educational Communications and Technology, 2001. URL: <http://reusability.org/read/chapters/bannan-ritland.doc> (Stand: 24.06.2002).
- BARRON, T.: Learning Object Pioneers. American Society for Training & Development (ASTD), 2000. URL: <http://www.learningcircuits.org/mar2000/barron.html> (Stand: 17.12.2001).
- BATESON, GREGORY: Geist und Natur. Eine notwendige Einheit. Frankfurt a. M.: 1982.
- BAUER, F.L. / WOESSNER, H.: The Plankalkuel of Konrad Zuse – a Forerunner of Today's Programming Languages. In: Assoziation for Computing Machinery. TU München, Sonderdruck, 1972.
- BECKER, M. / SPÖTTL, G.: Arbeitsprozessstudien bei der Ausbildung von Lehrern für berufliche Schulen. In: lernen & lehren Heft 79, 20. Jahrgang 2005, S. 105 - 108.
- BEHÖRDE FÜR BILDUNG UND SPORT HAMBURG: Statistische Daten: Schüler, Klassen, Lehrer und erteilte Unterrichtsstunden (Basiszahlen: Veröffentlichungen der KMK). September 2002. URL: http://www.schulehamburg.de/kmk_kmk/KMK_Formular_3.html (Stand: 26.06.2004).
- BENJAMINS, V. R. / FENSEL, D. u. a. : Knowledge Management through Ontologies. In: PAKM 98 Practical Aspects of Knowledge Management — Proceedings of the Second International Conference, 1998.

- BERNERS-LEE, T.: Semantic Web Road map. An attempt to give a high-level plan of the architecture of the Semantic WWW. 1998. URL: <http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html> (Stand: 11.11.2002).
- BERTOLETTI DE MARCHI, A. / MELO DE MIRANDA, R. / ROCHA COSTA, A.: A Learning Objects Repository Management System for Museum Education. Ontario: 2005. URL: <http://www.archimuse.com/mw2005/papers/rocha/rocha.html> (Stand: 13.07.2005).
- BIBB (HRSG.): Broschüre zur Modellversuchsreihe „Wissensmanagement in der beruflichen Aus- und Weiterbildung“ Bonn, 2003. URL: http://www.bibb.de/dokumente/pdf/Broschuere_Wissensmanagement.pdf (Stand: 26.03.2004).
- BIBB (HRSG.): KIBBrelations. Bonn: Ausgabe 1/2003. URL: http://www.bibb.de/dokumente/pdf/kibb_newsletter_01_2003.pdf (Stand: 10.08.2003).
- BIBB: Forschungsprojekt 3.4.102 (Laufzeit: III/2002 - IV/2004): Nutzung von Online-Communities für arbeitsplatznahes, informelles Lernen. September 2002. URL: http://www.bibb.de/aufgaben/arbfeld/elearn/projekt_info.pdf (Stand: 29.12.2002).
- BIBB: Neu abgeschlossene Ausbildungsverträge vom 01. Oktober 2002 bis zum 30. September 2003 nach Ausbildungsberufen und Ausbildungsbereichen. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Erhebung zum 30. September 2003. URL: http://www.bibb.de/dokumente/xls/naa309_2003k1_tab007_obund.xls (Stand: 26.04.2004).
- BIBB: 13 Berufsgruppen. Bonn, 2004b. URL: http://www.bibb.de/dokumente/pdf/naa309_2003_Berufsgruppenzuordnung_BG13.pdf (Stand: 26.04.2004).
- BIBB: Neu abgeschlossene Ausbildungsverträge vom 01. Oktober 2002 bis zum 30. September 2003, unterteilt nach 13 Berufsgruppen und Geschlecht in Deutschland. Stand 2004. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Erhebung zum 30. September 2003. URL: http://www.bibb.de/dokumente/pdf/naa309_2003k1_tab040_obund.pdf (Stand: 26.04.2004).
- BIRKELBACH, J.: Schulen am Netz - was nun? Lehrer und Schüler im Computer-Chaos. In: CT-Magazin für Computertechnik, Heft 8, 2002, S. 96 - 101.
- BLOOM, B. S. / KRATHWOHL, D. R.: Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich. (Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, by a committee of college and university examiners. Handbook I: Cognitive Domain. New York: Longman, Green, 1956.) Weinheim: Beltz, 1974.
- BMBF (HRSG.): Information vernetzen – Wissen aktivieren. Strategisches Positionspapier des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zur Zukunft der wissenschaftlichen Information in Deutschland. Bonn: September 2002a.
- BMBF (HRSG.): IT-Weiterbildung mit System. 2002. URL: http://www.apo-it.de/apo-it/IT-Weiterbildung_mit_System_cover.pdf (Stand: 04.08.2002).
- BMBF (HRSG.): Zukunft der wissenschaftlichen und technischen Information in Deutschland. Bonn: September 2002. URL: <http://www.dl-forum.de/Foren/Strategiekonzept/schlussbericht.pdf> (Stand: 06.06.2003).
- BMBF (HRSG.): IT-Ausstattung der allgemein bildenden und berufsbildenden Schulen in Deutschland. Bestandsaufnahme 2003 und Analyse 2001 bis 2003. Bonn: 2003.
- BORTZ, J. / DÖRING, N.: Evaluation und Forschungsmethoden. Berlin: Springer 2001.
- BORTZ, J.: Statistik für Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer 1999.
- BOUQUET, P. / GIUNCHIGLIA, F. / VAN HARMELEN, F. / SERAFINI, L. / STUCKENSCHMIDT, H.: Contextualizing Ontologies. Istituto Trentino di Cultura, 2003. URL: <http://www.cs.vu.nl/%7Eheiner/public/ISWC03.pdf> (Stand: 7.7.2005).
- BRASE, J. / PAINTER, M. / NEJDL, W.: Completing LOM - How Additional Axioms Increase the Utility of Learning Object Metadata. University of Hannover, February 27, 2003. URL: http://www.kbs.uni-hannover.de/Arbeiten/Publikationen/2003/icalt03_long.pdf (Stand: 6.7.2005).
- BREITER, A.: IT-Management in Schulen. Pädagogische Hintergründe, Planung, Finanzierung und Betreuung des Informationstechnikeinsatzes. 2001.
- BREITER, A.: Wissensmanagementsysteme in Schulen oder: wie bringe ich Ordnung ins Chaos? In: MedienPädagogik - Online-Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 6.11.2002. URL: <http://www.medienpaed.com/02-2/breiter1.pdf> (Stand: 20.07.2004).
- BROY, M.: Informatik (Band 1). Problemnahe Programmierung. Eine grundlegende Einführung. Heidelberg: Springer, 1992.
- BROY, M.: Informatik (Band 2): Systemstrukturen und Theoretische Informatik. Heidelberg: Springer, 1998.
- CANDLE (COLLABORATIVE AND NETWORK DISTRIBUTED LEARNING ENVIRONMENT): URL: <http://www.candle.eu.org> (Stand: 02.08.2002).
- CAPURRO, R.: Information. Ein Beitrag zur etymologischen und ideengeschichtlichen Begründung des Informationsbegriffs. München: K.G. Saur, 1978.

- CARDINAELS K. u. a. : A Knowledge Pool System of Reusable Pedagogical Elements. Calisce: 1998. URL: http://www.vivor.de/knowledge_pool/dokumentation/dokumente/ariadne_calisce98.pdf (Stand: 24.02.2002).
- CEN/ISSS: eEurope: European youth into the digital age. CWA 14040 - A Standardization Work Programme for Learning and Training Technologies & Educational Multimedia Software. 2000. URL: http://www.cenorm.be/iss/cwa_download_area/cwa14040.pdf (Stand: 23.02.2002).
- CEPIS (COUNCIL OF EUROPEAN PROFESSIONAL INFORMATICS SOCIETIES) (HRSG.): Knowledge Management and Information Technology. The European Online Magazine for the IT Professional. Vol. III, No. 1, February 2002. URL: <http://www.upgrade-cepis.org/issues/2002/1/upgrade-vIII-1.html> (Stand: 15.07.2003).
- CHANDRASEKARAN, B. / JOSEPHSON, J. R. / BENJAMINS, V. R.: What are ontologies, and why do we need them ? In: IEEE Intelligent Systems 14(1), 1999, S. 20 - 26.
- CISCO SYSTEMS: Reusable Information Object Standards. 15.11.1999. URL: <http://www.elearningforum.com/from%20SRI%20site/RIO-Nov99.pdf> (Stand: 13.12.2001).
- CISCO SYSTEMS: Reusable Learning Object Strategy - Definition, Creation Process and Guidelines for Building. April 22, 2000. URL: http://www.cisco.com/warp/public/10/wwtraining/elearning/implement/rlo_strategy_v3-1.pdf (Stand: 13.12.2001).
- COIL (COMMUNITY INTELLIGENCE LABS): URL: <http://www.co-i-l.com/coil/index.shtml> (Stand: 14.07.2004).
- CRANEFIELD, S. / PURVIS, M.: UML as an Ontology Modelling Language. Dunedin: 1999. URL: <http://waitaki.otago.ac.nz/~martin/Documents/dp9901sc.pdf> (Stand: 08.08.2003).
- CRANEFIELD, S.: Networked Knowledge Representation and Exchange using UML and RDF Journal of Digital information, volume 1 issue 8, 2001. URL: <http://jodi.ecs.soton.ac.uk/Articles/v01/i08/Cranefield/> (Stand: 08.08.2003).
- CUBER (PERSONALISED CURRICULUM BUILDER IN THE FEDERATED VIRTUAL UNIVERSITY OF THE EUROPE OF REGIONS): URL: <http://www.cuber.net/> (Stand: 02.08.2002).
- DBS (DEUTSCHER BILDUNGSSERVER): URL: <http://www.bildungsserver.de> (Stand: 02.08.2002).
- DCMI (DUBLIN CORE METADATA INITIATIVE): URL: <http://www.dublincore.org> (Stand: 22.07.2002).
- DENIC DOMAIN VERWALTUNGS- UND BETRIEBSGESELLSCHAFT EG: Internet-Statistiken. URL: <http://www.denic.de/de/domains/statistiken/index.html> (Stand: 16.05.2005).
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SEMIOTIK: URL: <http://www.semiose.de> (Stand: 03.04.2005).
- DEVEDŽIC, V.: Understanding Ontological Engineering. 2002. URL: <http://fon.fon.bg.ac.yu/~devedzic/CACM2002.pdf> (Stand: 12.01.2004).
- DICHEV C. / DICHEVA D.: Contexts in Educational Topic Maps. Amsterdam: 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education, AI-ED 2005, July 18-22, 2005, URL: <http://www.wssu.edu/iis/NSDL/Publications/AIED05-Dichev-Dicheva.pdf> (Stand: 07.07.2005).
- DICHEV C. / DICHEVA D.: Contexts as Abstraction of Grouping. Pittsburgh, Pennsylvania: 12th National Conference on Artificial Intelligence, Workshop on Contexts and Ontologies, AAAI 2005, July 9-13, 2005, URL: <http://www.wssu.edu/iis/NSDL/Publications/AAAI05-W105DichevC.pdf> (Stand: 10.07.2005).
- DICHEVA D. / DICHEV C. / SUN, Y. / NAO, S.: Authoring Topic Maps-based Digital Course Librarie., Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for Adaptive Educational Hypermedia (SW-EL@AH'04). Eindhoven: August 23-26, 2004, S. 331 - 337, URL: <http://www.win.tue.nl/SW-EL/2004/AH-SWEL-Camera-ready/SWEL04-AH-PDF/#11-Dicheva-Dichev-SWEL-AH.pdf> (Stand: 09.07.2005).
- DICHEVA, D. / SOSNOVSKY, S. / GAVRILOVA, T. / BRUSILOVSKY, P.: Ontological Web Portal for Educational Ontologies. 2005, URL: <http://www.win.tue.nl/SW-EL/2005/swel05-aied05/proceedings/4-Dicheva-final-full.pdf> (Stand: 15.07.2005).
- DIEPOLD, P.: Ordnung im Multimedia-Chaos. Bildungsserver und Meta-Daten. In: Pädagogische Rundschau Themaheft Multimedia, 52 (1998), S.671-691 URL: http://www.educat.hu-berlin.de/~diepold/paed_rs.pdf (Stand: 14.01.2002).
- DIGITAL OBJECT IDENTIFIER (DOI): URL: <http://www.doi.org> (Stand: 10.06.2003).
- DILGER, B. / KREMER, H.: Modellversuch WisLok - Wissensforen als Instrumente der Lernortkooperation. Projektbericht 2001. URL: http://wiwi.uni-paderborn.de/wiwi1/downloads/wpb_h3.pdf (Stand: 11.05.2003).
- DILGER, B. / KREMER, H.: Wissensforum als Keimzelle eines Wissensmanagements in der dualen Ausbildung. In: Berufsbildung, 56. Jahrgang, Heft 77, 2002, S. 16 - 17.
- DL-FORUM (DIGITAL LIBRARY FORUM): URL: <http://www.dl-forum.de> (Stand: 16.06.2003).
- DLR-Projektträger - NEUE MEDIEN IN DER BILDUNG + FACHINFORMATION (HRSG.): Kursbuch eLearning 2004 - Produkte aus dem Förderprogramm. Sankt Augustin, 2004.

- DOSTAL, W.: Neue Herausforderungen an Qualifikation und Weiterbildung im Zeitalter der Globalisierung. Kurzzusammenfassung für die Enquete-Kommission „Globalisierung der Weltwirtschaft“. Nürnberg: 12. November 2001, URL: <http://www.bundestag.de/gremien/welt/gutachten/vg15.pdf> (Stand: 19.08.2003).
- DREIER, T. / NOLTE, G.: Digitales Urheberrecht: Das Gesetz zur Regelung des Urheberrechts in der Informationsgesellschaft. In: Informatik Spektrum, Band 26, Heft 5, Oktober 2003, S. 327 - 336.
- DUBLIN CORE METADATA INITIATIVE: DCMI Type Vocabulary. 2004. URL: <http://dublincore.org/documents/dcmi-type-vocabulary/> (Stand: 04.09.2005).
- DÜPPE, S. / NIEHAUS, A.: Utopien der Vernetzung. URL: <http://www.ruhr-uni-bochum.de/www-public/niehaabp/> (Stand: 22.06.2003).
- EASEL (EDUCATOR ACCESS TO SERVICES IN THE ELECTRONIC LANDSCAPE): URL: <http://www.fdggroup.co.uk/easel> (Stand: 02.08.2002).
- EBELING, W. / FEISTEL, R.: Chaos und Kosmos. Prinzipien der Evolution, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 1994.
- EDUTELLA: URL: <http://edutella.jxta.org> (Stand: 04.08.2002).
- ENDRES, A.: Die Wissensgesellschaft und ihr Bezug zur Informatik. In: Informatik-Spektrum, Band 26, Nummer 3, Juni 2003, S. 195 - 200.
- EOE (EDUCATIONAL OBJECT ECONOMY): URL: <http://www.eoe.org> (Stand: 02.08.2002).
- ERIC (EDUCATIONAL RESOURCES INFORMATION CENTER) - PROCESSING AND REFERENCE FACILITY - SEARCH THESAURUS: URL: <http://ericadr.piccard.csc.com/extra/authfiles/thesearch.cfm> (Stand: 02.08.2002).
- ETB (EUROPEAN TREASURY BROWSER): URL: <http://etb.jrc.it/default/> (Stand: 06.08.2002).
- EULER, D. / WILBERS, K.: Von technischen Optionen zum didaktischen Mehrwert. E-Learning als didaktische Herausforderung. In: Berufsbildung, 57. Jahrgang, Heft 80, 2003, S. 3 - 8.
- EULER, D.: Multimediale und telekommunikative Lernumgebungen zwischen Potenzialität und Aktualität. Eine Analyse aus wirtschaftspädagogischer Sicht. Hamburg: Überarbeiteter und erweiterter Vortrag auf dem 16. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft am 17. März 1998 in Hamburg, URL: <http://nt2s.erzwiss.uni-hamburg.de/DGfE/Veranstaltungen/euler.html> (Stand: 29.05.2001).
- EUN SPIDER: URL: http://www.eun.org/eun.org2/eun/en/Resources_eschoolnet/entry_page.cfm?id_area=77 (Stand: 06.08.2002).
- EUROPEAN SCHOOLNET: URL: http://www.eun.org/eun.org2/eun/de/index_eun.html (Stand: 06.08.2002).
- FACHINFORMATION TECHNIK: URL: <http://www.fiz-technik.de/index.html> (Stand: 29.07.2003).
- FAHR, H.J.: Chaos und Ordnung im Kosmos. War der Weltanfang wirklich schon die Weltstiftung? o.J. URL: <http://www.astro.uni-bonn.de/~hfahr/texte/fahrweb6.pdf> (Stand: 29.03.2005).
- FARRENT, M.: Intra-Spam - E-Mail-Psychoterror in Betrieben. In: CT-Magazin für Computertechnik, Heft 24, 2002, S. 106 - 107.
- FEDDERN, B.: Plattenkarussell. Serial ATA verdoppelt das Tempo auf 3 GBit/s. In: CT-Magazin für Computertechnik, Heft 11, 2005, S. 180 - 182.
- FEISTEL, R.: Ritualisation und die Selbstorganisation der Information, in: Niedersen, U. / Pohlmann, L. (Hrsg.): Selbstorganisation und Determination (Selbstorganisation. Jahrbuch für Komplexität in den Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften, Bd. 1). Berlin: Duncker&Humblot, 1990, S. 83 - 98.
- FELDAFINGER KREIS: Forschen für die Internetgesellschaft: Trends, Technologien, Anwendungen. Ergebnisse einer gemeinsamen Initiative des Bundesverbands der Deutschen Industrie und der Fraunhofer-Gesellschaft. Berlin: 21 / 22.4.2002. URL: http://w4.siemens.de/ct/de/activities/inet_symp/downloads/ergebnisse.pdf (Stand: 21.07.2004).
- FENSEL, D.: Ontologies: Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce Berlin: Springer-Verlag, 2001. URL: <http://citeseer.nj.nec.com/rd/6631150,413498,1,0,25,Download/http://citeseer.nj.nec.com/cache/papers/cs/19939/httpzSzzSzwww.cs.vu.nlzSzzCz7EdieterzSzftpzSzpaperzSzsilverbullet.pdf/ontologies-silver-bullet-for.pdf> (Stand: 05.06.2003).
- FERNÁNDEZ, M. u. a. : Building a Chemical Ontology Using Methontology and the Ontology Design Environment. IEEE Intelligent Systems, January / February 1999 (Vol. 14, No. 1). URL: http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/Lehrangebot/Sommer2001/SemanticWeb/papers/chemical_ontology.pdf (Stand: 01.09.2003).
- FERNÁNDEZ, M.: Overview of Methodologies for Building Ontologies. Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends. (IJCAI99). August 1999. URL: <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-18/4-fernandez.pdf> (Stand: 17.11.2003).
- FERNÁNDEZ, M. / GÓMEZ-PÉREZ, A. / JURISTO, N.: METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering Workshop on Ontological Engineering. Spring Symposium Series. AAAI97 Stanford, USA. URL: <http://delicias.dia.fi.upm.es/miembros/ASUN/SSS97.ps> (Stand: 01.09.2003).

- FISCHER, F.: Gemeinsame Wissenskonstruktion - theoretische und methodologische Aspekte. München: Institut für Pädagogische Psychologie und Empirische Pädagogik. Forschungsberichte Nr. 142, 2001.
- FISCHER, M.: Arbeitsprozesswissen von Facharbeitern - Umriss einer forschungsleitenden Fragestellung. In: Pahl, J.– P. / Rauner, F. / Spöttl, G. (Hrsg.): Berufliches Arbeitsprozesswissen. Ein Forschungsgegenstand der Berufsfeldwissenschaften. Baden-Baden: 2000, S. 31 – 47.
- FLEISSNER, P. / HOFKIRCHNER, W.: In-formatio revisited. Wider den dinglichen Informationsbegriff. In: Informatik Forum 3, 1995, S. 126 - 131.
- FORAUS.DE (FORUM FÜR AUSBILDERINNEN): URL: http://www.foraus.de/start_set.htm (Stand: 19.03.2004).
- FORSA: @facts Report - Studie zum Internet-Nutzungsverhalten in Deutschland. Mai 2003. URL: <http://www.71i.de/index.phix?session=55971f987ad153f54b0a61320bd85229&id=b6bbd8ca7f11b103138e655e08dc169a> (Stand: 117.04.2004).
- FUCHS-KITTOWSKI, K.: Information im Kontext des Lebens. Erbinformation, Evolution, Ontogenese, interne Informationsentstehung und Ethik. Gesellschaft für Pädagogik und Information e.V. (GPI), Internetpublikation EU-Media. 2005. URL: http://www.gpi-online.de/upload/PDFs/EU-Media/_Fuchs-Kittowski-Information-Leben-Wien.pdf (Stand: 29.03.2005).
- GARSHOL, L. M.: Topic maps, RDF, DAML, OIL. A comparison. 2002.
- GARSHOL, L. M.: The Linear Topic Map Notation. Definition and introduction, version 1.3. 2005. URL: <http://www.ontopia.net/download/ltm.html> (Stand: 09.09.2005).
- GARSHOL, L. M.: Topic Maps and Learning Design. Präsentation - Workshop Learning Design, Topic Maps and the Conversational Theory of Learning. Oslo, 26-27 Jan 2005. URL: http://www.estandard.no/ld/Garshol_tm-learning-design.pdf (Stand: 14.07.2005).
- GARSHOL, L.M.: Living with topic maps and RDF. Topic maps, RDF, DAML, OIL, OWL, TMCL. 2003. URL: <http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/tmrdf.html> (Stand: 11.07.2005).
- GEM (GATEWAY TO EDUCATIONAL MATERIALS): URL: <http://www.thegateway.org> (Stand: 02.08.2002).
- GEM (THE GATEWAY TO EDUCATIONAL MATERIALS) - PROJECT SITE: URL: <http://www.geminfo.org> (Stand: 02.08.2002).
- GENIOS WIRTSCHAFTSDATENBANKEN: URL: <http://www.genios.de/> (Stand: 29.07.2003).
- GERDS, P.: Arbeitsprozesswissen und Fachdidaktik. In: lernen & lehren Heft 62 , 18. Jahrgang 2001, S. 70-77.
- GIBBONS A. S. / NELSON, J. / RICHARDS, R.: The Nature and Origin of Instructional Objects. In: Wiley, D.A. (Hrsg.): The Instructional Use of Learning Objects. Assoziation for Instructional Technology, Assoziation for Educational Communications and Technology, 2001. URL: <http://reusability.org/read/> (Stand: 14.01.2002).
- GIETZ, P.: Expertise über Quality Controlled Subject Gateways und fachwissenschaftliche Portale in Europa. DAASI International GmbH, 2001. URL: http://www.dl-forum.de/Foren/dl_konzepte/subjectgateways.pdf (Stand: 02.06.2003).
- GOTTSCHICK, J. / FRIEDRICH, H. / BILLIG, A.: Marktübersicht Wissensportale. In: Informatik Spektrum, Band 28, Heft 3, 2005, S. 202 - 209.
- GREEN, B.: Der Stoff, aus dem der Kosmos ist. München: Siedler, 2004.
- GREIF, S.: Selbstgesteuertes Lernen in Theorie und Praxis. In: Straka, G. A./ Stöckl, M. (Hrsg.): Selbstgesteuertes Lernen und individuelles Wissensmanagement. Bremen: Forschungs- und Praxisberichte der Forschungsgruppe LOS (Lernen, Organisiert und Selbstgesteuert), 2001, S. 5 - 19.
- GREVE, W. / WENTURA, D.: Wissenschaftliche Beobachtung. Weinheim: Psychologische Verlags Union 1997.
- GRUBER, T. R.: A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Knowledge Acquisition 6 (2) , 1993, S.199 - 221.
- GRUBER, T. R.: Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. Stanford Knowledge Systems Laboratory Report KSL-93-04. August 23, 1993. URL: <http://www.cise.ufl.edu/~jhammer/classes/6930/XML-FA02/papers/gruber93ontology.pdf> (Stand: 21.10.2005).
- GUARINO, N. / GIARETTA, P.: Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification. Towards Very Large Knowledge Bases. Amsterdam: IOS Press, 1995.
- GUARINO, N. / WELTY, C.: Identity, Unity, and Individuality: Towards a Formal Toolkit for Ontological Analysis. In: W. Horn (Hrsg.): Proceedings of ECAI-2000: The European Conference on Artificial Intelligence. Amsterdam: IOS Press, 2000.
- GUPTA, A. / LUDÄSCHER, B. / MOORE, R. W.: Ontology Services for Curriculum Development in NSDL. 2002. URL: http://portal.acm.org/ft_gateway.cfm?id=544266&type=pdf&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=11629370&CFTOKEN=18984796 (Stand: 08.08.2003).
- HACKER, W.: Allgemeine Arbeitspsychologie, Psychische Regulation von Wissens-, Denk- und körperlicher Arbeit. Bern, 2005.

- HAEFNER, K.: Informationstechnik und ihre Nutzung in der Gesellschaft. Bremen: 1996.
- HÄGELE, T. Modernisierung handwerklicher Facharbeit am Beispiel des Elektroinstallateurs. Dissertation. Hamburg: 2002.
- HÄGELE, T. / KNUTZEN, S.: Arbeitsprozessorientierte Entwicklung von Lernsituationen. In: lernen & lehren Heft 67, 17. Jahrgang 2002, S.115 - 122.
- HAUB, I. / MIRTSCHINK, D.: Mit produktiven Wissensnetzwerken verteiltes Wissen nutzbar machen. In: Berufsbildung, 56. Jahrgang, Heft 77, 2002, S. 9 - 11.
- HECKEL, R.: Einsatzmöglichkeiten von Topic Maps zur flexiblen Navigation in elektronischen Dokumenten. Diplomarbeit. Dresden: 2001.
- HEERY, R. / WAGNER, H.: A Metadata Registry for the Semantic Web. in: D-Lib Magazine Volume 8 Number 5, May 2002. URL: <http://www.dlib.org/dlib/may02/wagner/05wagner.html> (Stand: 28.06.2002).
- HEIMANN, P. / OTTO, G. / SCHULZ, W.: Unterricht - Analyse und Planung. Hannover: Schroedel, 1975.
- HEISE-ONLINE-NEWS: Moderates Wachstum auf dem PC-Markt. 17.01.2003. URL: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/33761> (Stand: 18.05.2005).
- HENNING, P. A.: Zum Informationsbegriff der Physik. In: Informatik-Spektrum, Band 27, Nummer 2, April 2004, 202 - 207.
- HENSGE, K.: Bildungstechnologien für moderne Bildungskonzepte - Gestaltungsoptionen des Internets. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP). Bonn: BIBB, 2003, Heft 1, S. 5 - 8.
- HENTIG, H. VON: Der technischen Zivilisation gewachsen bleiben. Nachdenken über die Neuen Medien und das gar nicht mehr allmähliche Verschwinden der Wirklich. München: Hanser, 2002.
- HIMMELEIN / SCHULZ / SIERING / WITHOPF: Longhorns tragende Teile. In: CT-Magazin für Computertechnik, Heft 24, 2003, S. 118 - 123.
- HOFKIRCHNER, W.: Information und Selbstorganisation – Zwei Seiten einer Medaille. In: Fenzl, N., W. Hofkirchner, G. Stockinger (Hrsg.): Information und Selbstorganisation. Annäherungen an eine vereinheitlichte Theorie der Information. Innsbruck: Studienverlag, 1998.
- HRISTOZOVA, M. / STERLING, L.: An eXtreme method for developing lightweight ontologies. 2002. URL: <http://cis.otago.ac.nz/OAS2002/Papers/oas02-21.pdf> (Stand: 24.08.2003).
- IEEE STANDARD UPPER ONTOLOGY (SUO) WORKING GROUP: URL: <http://suo.ieee.org/> (Stand: 29.08.2003).
- IEEE-LTSC (LEARNING TECHNOLOGY STANDARDS COMMITTEE): URL: <http://ltsc.ieee.org> (Stand: 27.06.2001).
- IEEE-LTSC: Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE P1484.12/D4.0, 5 February 2000. URL: http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOM_WD4.PDF (Stand: 18.07.2002).
- IEEE-LTSC: Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE P1484.12/D6.10, 18 April 2001. URL: http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOM_WD6-1_1.doc (Stand: 18.07.2002).
- IEEE-LTSC: Draft Standard for Learning Technology — Learning Technology Systems Architecture (LTSA). IEEE P1484.1/D9, 2001-11-30 URL: http://ltsc.ieee.org/doc/wg1/IEEE_1484_01_D09_LTSA.pdf (Stand: 18.07.2002).
- IEEE-LTSC: Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE 1484.12.1, 15 July 2002. URL: http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf (Stand: 18.09.2003).
- IMS (INSTRUCTIONAL MANAGEMENT SYSTEMS PROJECT): URL: <http://www.imsproject.org> (Stand: 13.06.2001).
- IMS: Learning Resource Meta-Data Information Model. Version 1.2.1 Final Specification. IMS Global Learning Consortium, 28 September 2001a. URL: http://www.imsproject.org/metadata/imsmdv1p2p1/imsmd_infov1p2p1.html#1169559 (Stand: 29.07.2002).
- IMS: Content Packaging Information Model. Version 1.1.2 - Final Specification. IMS Global Learning Consortium, 2001b. URL: http://www.imsproject.org/content/packaging/cpv1p1p2/imsdp_infov1p1p2.html (Stand: 24.07.2002).
- IMS: Content Packaging XML Binding. Version 1.1.2 Final Specification. IMS Global Learning Consortium, 2001c. URL: http://www.scorm.tamucc.edu/scorm/resources/imsdp_bindv1p1p2.pdf (Stand: 29.07.2002).
- IMS: Learning Design Information Model. Version 1.0 Public Draft Specification IMS Global Learning Consortium, 18 October 2002. URL: http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0pd/imsld_infov1p0pd.html (Stand: 19.01.2002).
- IMSEVIMSE - THE IMS EDITOR VIMSE: URL: <http://kmr.nada.kth.se/imsevimse/> (Stand: 06.08.2002).
- INTERNET ARCHIVE: URL: <http://www.archive.org/> (Stand: 11.08.2003).
- IQSH: BLK-Programm „Innovative Fortbildung der Lehrer an beruflichen Schulen (innovelle-bs)“. 2005. URL: <http://innovelle-bs.lernnetz.de> (Stand: 21.07.2005).
- ISC (INTERNET SOFTWARE CONSORTIUM): Internet Domain Survey, Januar 2003. URL: <http://www.denic.de/DENICdb/stats/index.html#hostcount> (Stand: 29.07.2003).

- ISO/IEC 13250: Topic Maps. Second Edition, 19 May 2002.
- ISO/IEC JTC1 SC36 - STANDARDS FOR: INFORMATION TECHNOLOGY FOR LEARNING, EDUCATION AND TRAINING:
URL: <http://jtc1sc36.org> (Stand: 22.07.2002).
- ISO/IEC JTC1 SC36: Information technology: Learning by IT. ISO Bulletin, JUNE 2002 URL:
<http://www.iso.ch/iso/en/commcentre/isobulletin/articles/2002/pdf/learningbyit02-06.pdf> (Stand: 22.07.2002).
- ISO/IEC JTC1/SC34: Topic Map Constraint Language (TMCL). Draft vom 12.02.2005. URL:
<http://www.isotopicmaps.org/tmcl/tmcl-2005-02-12.html> (Stand: 12.07.2005).
- ISO/IEC JTC1/SC34: Topic Map Query Language (TMQL) Draft vom 18.02.2005. URL:
<http://www.isotopicmaps.org/tmql/spec.html> (Stand: 12.07.2005).
- JONES, D. M. / BENCH-CAPON, T. J. M. / VISSER, P. R. S.: Methodologies for ontology development. In: Proc. IT&KNOWS Conference of the 15th IFIP World Computer Congress, Budapest, 1998. URL:
<http://citeseer.nj.nec.com/cache/papers/cs/3259/http://zSzzSzwwww.csc.liv.ac.ukzSz~deanzSzpaperszSzIFIP98.pdf/methodologies-for-ontology-development.pdf> (Stand: 11.01.2003).
- KARABEG, D. / GUESCINI, R. / NORDENG, T. W.: Flexible and Exploratory Learning by Polyscopic Topic Maps. 2005. URL: <http://www.win.tue.nl/SW-EL/2005/swel05-icalt05/final/W3-2.pdf> (Stand: 09.09.2005).
- KERRES, M.: Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung. München: Oldenbourg, 2001.
- KIBB (KOMMUNIKATIONS- UND INFORMATIONSSYSTEM BERUFLICHE BILDUNG): URL: www.kibb.de (Stand: 10.08.2003).
- KIBNET (KOMPETENZENTRUM IT-BILDUNGSNETZWERKE): URL: <http://www.kib-net.de/> (Stand: 06.08.2003).
- KLATT, R. / GAVRIILIDIS, K. / KLEINSIMLINGHAUS, K. / FELDMANN, M. u. a.: Nutzung elektronischer wissenschaftlicher Information in der Hochschulausbildung Barrieren und Potenziale der innovativen Mediennutzung im Lernalltag der Hochschulen. Endbericht. Dortmund: August 2001. URL: <http://www.stefi.de/download/bericht2.pdf> (Stand: 06.06.2003).
- K-MED (KNOWLEDGE-BASED MULTIMEDIA MEDICAL EDUCATION): URL: <http://www.k-med.org> (Stand: 02.08.2002).
- KMK - SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (HRSG.): Schule in Deutschland. Zahlen, Fakten, Analysen. Bonn: Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz, Nr. 161, Juli 2002.
- KMK SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (HRSG.): Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Bonn: 15.09.2000.
- KMK SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (HRSG.): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Geräte und Systeme / Elektronikerin für Geräte und Systeme. Bonn: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003.
- KOPER, R.: Modeling units of study from a pedagogical perspective - the pedagogical meta-model behind EML. Educational Technology Expertise Centre, Open University of the Netherlands: 2001. URL: <http://eml.ou.nl/introduction/docs/ped-metamodel.pdf> (Stand: 10.08.2002).
- KRAAN, W.: When metadata becomes content, and authoring learning. CETIS staff, September 30, 2004. URL: <http://www.cetis.ac.uk/content2/20040930122655> (Stand: 10.07.2005).
- KRAMER, A. / WIEGAND, D.: Papierlose Ordnung. Dokumentenverwaltung auf dem heimischen Rechner. In: CT-Magazin für Computertechnik, Heft 12, 2004, S. 194 - 199.
- KRAMER, A.: Local Heroes. Google und Co. durchsuchen jetzt auch die Festplatte. In: CT-Magazin für Computertechnik, Heft 23, 2004, S. 36 - 37.
- KRATHWOHL, D. R. / BLOOM, B. / MASIA, B. B.: Taxonomie von Lernzielen im affektiven Bereich. (Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook II: Affective Domain. New York: David McKay Co., Inc., 1964). Weinheim, Basel: Beltz, 1975.
- KRAUSE, S. / KORTMANN, R.-D.: Standardisierung im E-Learning oder Vom schleichenden Untergang der Didaktik. In: Medienpädagogik - Online-Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 30.10.2002. URL: http://www.medienpaed.com/02-2/krause_kortmann1.pdf (Stand: 20.07.2004).
- KRCMAR, H.: Informationsmanagement. Heidelberg, New York: 1996.
- L3-LEBENSLANGES LERNEN: URL: <http://www.l-3.de> (Stand: 02.08.2002).
- L'ALLIER J. J.: NETg's Precision Skilling. The Linking of Occupational Skills Descriptors to Training Interventions. 1998. URL: <http://www.netg.com/research/whitepapers/pskillpaper.asp> (Stand: 05.02.2002).
- LALMAS, M. / GRAVES, A.: OntoWeb Deliverable 9.1.1. 2001. URL: <http://ontoweb.aifb.uni-karlsruhe.de/About/Deliverables/wp9del.pdf> (Stand: 19.02.2002).

- LAWRENCE, S. / GILES C. L.: Accessibility of information on the web. In: NATURE VOL 400, 8, JULY 1999|, S.107 - 109. URL: <http://www.voelspriet.nl/zoekmachine.pdf> (Stand: 30.07.2003).
- LÉVY, P.: Die kollektive Intelligenz. Eine Anthropologie des Cyberspace. Mannheim: 1997.
- LMTM (LERNEN MIT TOPIC MAPS): URL: <http://www.lmtm.de> (Stand: 14.07.2005).
- LONGMIRE, W.: A Primer on Learning Objects. 2000. URL: <http://www.learningcircuits.org/mar2000/primer.html> (Stand: 12.12.2001).
- LOPATENKO, A.: Resource Guide to Metadata for Science, Research, Education and Technology. o.J. URL: http://derpi.tuwien.ac.at/~andrei/Metadata_Science.htm (Stand: 17.07.2002).
- LUHMANN, N.: Die Gesellschaft der Gesellschaft. Frankfurt a.M.: Suhrkamp Verlag, 1998.
- LUHMANN, N.: Soziale Systeme. 1984.
- LUHMANN, N.: Die Gesellschaft der Gesellschaft. 1997.
- MÄDCHE, A. / STAAB, S. / STUDER, R.: Ontologien. 2001 URL: <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/sst/Research/Publications/stichwort.pdf> (Stand: 04.06.2003).
- MANDL, H. / FISCHER, F. (HRSG.): Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mapping-Techniken. Göttingen: Hogrefe, 2000.
- MANDL, H. / GRUBER, H. / RENKL, A.: Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In: Issing, L.J. und Klimsa, P. (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia. Weinheim: Psychologie-Verlags-Union, 1995, S. 167 - 178.
- MANDL, H. / WINKLER, K.: Auf dem Weg zu einer neuen Lehr-Lern-Kultur. Der Beitrag der neuen Medien in der Aus- und Weiterbildung. o.J. URL: http://www.dipf.de/publikationen/volltexte/publikationsverzeichnis/50mandl_volltext.pdf (Stand: 11.05.2003).
- MASIE CENTER (HRSG.): Making Sense of Learning Specifications & Standards: A Decision Maker's Guide to their Adoption. 2002. URL: http://www.nte.ups-tlse.fr/veille/S3_Guide.pdf (Stand: 10.08.2002).
- MASON, J. / SUTTON, S.: Report of Deliberations. DCMI - Education Working Group. 30 April 2000. URL: http://www.ischool.washington.edu/sasutton/dc-ed/Dc-ac/DC-Education_Report.html (Stand: 29.07.2002).
- MATURANA, H. R. / VARELA, F. J.: Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens. 1984.
- MAURER, H.: E-Learning. E-Learning muss als Teil von Wissensmanagement gesehen werden. In: LOGIN 20 (2000), Heft 6, S. 24 - 27.
- MEDER, N.: Didaktische Ontologien. 2001 URL: <http://www.l-3.de/de/literatur/download/did.pdf> (Stand: 19.12.2001).
- MERLOT (MULTIMEDIA EDUCATIONAL RESOURCE FOR LEARNING AND ONLINE TEACHING): URL: <http://www.merlot.org> (Stand: 02.08.2002).
- MERRILL, M.: Knowledge Objects. In: CBT Solutions Mar/Apr, 1998, S. 1 -11. URL: <http://reusability.org/read/> (Stand: 20.06.2002).
- MERRILL, M.: Instructional Transaction Theory (ITT): Instructional Design Based on Knowledge Objects. In: Reigeluth, C. M.(Hrsg.): Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.
- MERRILL, M.: Knowledge Objects and Mental-Models. 2000. URL: <http://www.id2.usu.edu/Papers/KOMM.PDF> (Stand: 20.06.2002).
- MICROSOFT LRN 3.0: URL: <http://www.microsoft.com/elearn/> (Stand: 06.08.2002).
- MOORE, G.: RDF and TopicMaps. An Exercise in Convergence. Berlin: XML Europe 2001. URL: <http://xml.coverpages.org/moore-topicmapsrdf200105.pdf> (Stand: 11.07.2005).
- MOVING PICTURE EXPERTS GROUP (MPEG): URL: <http://mpeg.telecomitalia.com/> (Stand: 10.06.2003).
- MÜNZER, S.: SELFHTML - HTML-Dateien selbst erstellen. URL: <http://de.selfhtml.org> (Stand: 28.06.2004).
- NEEDS (NATIONAL ENGINEERING EDUCATION DELIVERY SYSTEM): URL: <http://www.needs.org> (Stand: 02.08.2002).
- NEUWEG, G.: Könnerschaft und implizites Wissen. Zur lehr-lerntheoretischen Bedeutung der Erkenntnis- und Wissenstheorie Michael Polanyis. New York, München, Berlin: 1998.
- NFO INFRATEST GERMANY: Monitoring Informationswirtschaft - 6. Faktenbericht 2003. Sekundärstudie im Auftrag des BMWi. München: März 2003. URL: <http://www.digitale-chancen.de/transfer/downloads/MD524.pdf> (Stand: 10.07.2003).
- NILSSON, M.: The semantic web: How RDF will change learning technology standards. Stockholm: Center for User-Oriented IT-design, Royal Institute of Technology, September 27, 2001.
- NOTESS, G. R.: Search Engine Statistics. 2002. URL: <http://www.searchengineshowdown.com/stats/sizeest.shtml> (Stand: 29.07.2003).

- NOY, N. / HAFNER, C.: The State of the Art in Ontology Design: A Survey and Comparative Review. In: AI Magazine, 18(3),1997, S 53 - 74.
- NOY, N. / MCGUINNESS, D.: Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. o.J. URL: http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html (Stand: 15.08.2003).
- OBJECT MANAGEMENT GROUP: UML Resource Page. URL: <http://www.uml.org/> (Stand: 1.8.2005).
- OGDEN, C. / RICHARDS, I. A.: The meaning of meaning.- A study of the influence of language upon thought and of the science of symbolism. With an introduction by J.P. Postgate and supplementary essays by B. Malinowski and F. G. Crookshank. London: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co., 1923.
- OIL (ONTOLOGY INFERENCE LAYER): URL: <http://www.ontoknowledge.org/oil/> (Stand: 17.05.2003).
- OLIVERS, B.: From EML to Learning Design. Präsentation - Workshop Learning Design, Topic Maps and the Conversational Theory of Learning. Oslo: 26-27 Jan 2005. URL: http://www.estandard.no/ld/Olivier_From_EML_to_LD_short.ppt (Stand: 14.07.2005).
- OLIVERS, B.: Topic Maps with Content Packaging and SCORM. Präsentation - Workshop Learning Design, Topic Maps and the Conversational Theory of Learning. Oslo: 26-27 Jan 2005. URL: http://www.estandard.no/ld/Olivier_TM_with_CP_SCORM_LD.ppt (Stand: 14.07.2005).
- ONTOLEARN: E-Learning mit Ontologien. URL: <http://ontolearn.de/> (Stand: 12.07.2005).
- ONTOPIA: Omnigator. URL: <http://www.ontopia.net/omnigator/models/index.jsp> (Stand: 09.09.2005).
- ONTOWEB CONSORTIUM (HRSG.): Deliverable 1.3: A survey on ontology tools. May, 2002. URL: http://ontoweb.aifb.uni-karlsruhe.de/About/Deliverables/D13_v1-0.zip (Stand: 05.10.2003).
- ONTOWEB: Ontology-based information exchange for knowledge management and electronic commerce. URL: www.ontoweb.org (Stand: 06.01.2004).
- ONTOWEBEDU: Educational Resource Homepage URL: <http://qmir.dcs.qmul.ac.uk/ontoweb/> (Stand: 06.01.2004).
- ORRILL, C. H.: Learning Objects to Support Inquiry-Based, Online Learning. In: Wiley, D.A. (Hrsg.): The Instructional Use of Learning Objects. Assoziation for Instructional Technology, Assoziation for Educational Communications and Technology, 2001. URL: <http://reusability.org/read/chapters/orrill.doc> (Stand: 24.06.2002).
- PANGALOS, J. / KNUTZEN, S.: Möglichkeiten und Grenzen der Orientierung am Arbeitsprozess für die berufliche Bildung. In: Pahl, J.-P. / Rauner, F. / Spöttl, G. (Hrsg.): Berufliches Arbeitsprozesswissen. Ein Forschungsgegenstand der Berufsfeldwissenschaften. Baden-Baden: 2000, S. 105 - 116.
- PARK, J. / HUNTING, S. (HRSG.): XML Topic Maps: Creating and Using Topic Maps for the Web. Addison-Wesley, 2002.
- PEPPER, S. / SCHWAB, S.: Curing the Web's Identity Crisis - Subject Indicators for RDF. 2003. URL: <http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/identitycrisis.html> (Stand: 11.07.2005).
- PEPPER, S.: The TAO of Topic Maps - Finding the way in the age of infoglut. XML Europe 2000. URL: <http://www.gca.org/papers/xmlleurope2000/pdf/s11-01.pdf> (Stand: 24.02.2002).
- PEPPER, S.: Towards a General Theory of Scope. 2002. URL: <http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/scope.htm> (Stand: 8.10.2005).
- PETERSEN, A. W. / BEHNEMANN, K. / KAPPELLE, N. u. a. : Modellversuch SEDIKO: Lernfeld- und Lernraumgestaltung zur Förderung der Service- und Dienstleistungskompetenzen in den neuen IT-Berufen, Abschlussbericht. Flensburg, Bremen, Erfurt, Kiel, Wiesbaden: biat - Universität Flensburg, 2001.
- PETERSEN, A. W. / WEHMEYER, C.: Evaluation der neuen IT-Berufe - Forschungskonzept und Ergebnisse der bundesweiten BiBB-IT-Studie. In: Petersen, A. W. / Rauner, F. / Stuber, F. (Hrsg.): IT-gestützte Facharbeit – Gestaltungsorientierte Berufsbildung - Ergebnisse der 12. HGTB-Konferenz. Baden-Baden: Nomos, 2001, S. 283 - 310.
- PETERSEN, A. W. / WEHMEYER, C.: Evaluation der neuen IT-Berufe IT-System-Elektroniker/-in, IT-System-Kaufmann/-frau, Fachinformatiker/-in und Informatikkaufmann/-frau. Zusammenfassung der Evaluationsergebnisse: Befragungen und Fallbeispiele. In: Borch, H. / Weißmann, H.: IT-Berufe machen Karriere: Zur Evaluation der neuen Berufe im Bereich Information und Telekommunikation. Bielefeld: Bertelsmann, 2002.
- PETERSEN, A. W.: Evaluation und Revision der Rahmenlehrpläne des Landes Hessen - Berufsfelder Metall- und Elektrotechnik. Abschlußbericht. Bremen: Universität Bremen, ITB, August 1994.
- PETERSEN, A. W.: Die Gestaltung einer arbeitsorientierten Fachbildung im Berufsfeld Elektrotechnik aus curriculärer Sicht. In: Lipsmeier, A. / Rauner, F. (Hrsg.): Beiträge zur Fachdidaktik Elektrotechnik. Stuttgart: Holland & Josenhans, 1996, S. 277 - 306.
- PETERSEN, A. W.: Neue Lernfeld- und Unterrichtsgestaltung in den IT-Berufen. Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Modellversuch und Verbundprojekt SEDIKO. In: lernen & lehren Heft 68, 17. Jahrgang 2002, S. 161 - 172.
- PETERSEN, A. W.: Betriebliche Geschäfts- und Arbeitsprozesse als Grundlage und neue didaktische Orientierung der Berufsbildung. 2003. URL: <http://www.biat.uni-flensburg.de/elektroberufe-online/Uebersicht/GAHFA/GAHPA-GAHFA-Modellstruktur.htm> (Stand: 1.9.2005).

- PETERSEN, A. W.: Skizze einer arbeits- und handlungsorientierten Lernfeldumsetzung auf der Grundlage didaktisch aufbereiteter Geschäftsprozesse. 2003b. URL: <http://www.biat.uni-flensburg.de/elektroberufe-online/uebersicht/GAHFA/Unterrichtsumsetzung-Modellstrukturen.htm#Lernfeldumsetzung> (Stand: 1.9.2005).
- PETERSEN, A. W. / SCHMIECH, M. / DÄHNHARDT, K. / KRAMER, T.: BLK-Modellversuch „Netzbasierte Lehr- und Lernkonzepte“ (NEBAL). Abschlussbericht 2004. Erfurt, Flensburg, Kaiserslautern, Speyer: 2004.
- PETERSEN, A. W.: Geschäfts- und Arbeitsprozesse als Grundlage beruflicher Ausbildungs- und Lernprozesse. In: *lernen & lehren* Heft 80, 20. Jahrgang 2005, S.163 - 174.
- POOL (PORTAL FOR ONLINE OBJECTS IN LEARNING): URL: <http://www.edusplash.net> (Stand: 04.08.2002).
- PROTÉGÉ PROJECT : URL: <http://protege.stanford.edu/> (Stand: 15.09.2003).
- RATH, H. H.: The Topic Maps Handbook. White Paper. Gütersloh: Empolis GmbH, 2003.
- RATH, H. H.: Making Topic Maps More Colourful. STEP Electronic Publishing Solution GmbH, XML Europe 2000.
- RATH, H. H.: Topic Maps and the Ontological World. 2001. URL: <http://onto2001.aifb.uni-karlsruhe.de/tm-talk-hhr.pdf> (Stand: 28.07.2004).
- RAUNER, F.: Qualifikationsforschung und Curriculum - ein aufklärender Zusammenhang. In: *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*. Stuttgart: Steiner, 98 (2002) 4, S. 530 - 554.
- RAUNER, F.: Kann die Orientierung an Arbeits- und Geschäftsprozessen die Fachlichkeit ersetzen? In: *lernen & lehren* Heft 80, 20. Jahrgang 2005, S.154 - 156.
- RECHENBERG, P.: Zum Informationsbegriff der Informationstheorie. In: *Informatik Spektrum*, Band 26, Heft 5, Oktober 2003, S. 317 - 326.
- REINMANN- ROTHMEIER, G. / MANDL, H.: Wissensmanagement in der Bildung. In: Höfling, S. / Mandl, H. (Hrsg.): *Lernen für die Zukunft - Lernen in der Zukunft. Wissensmanagement in der Bildung*. München: 1997, S. 56 - 66.
- REINMANN-ROTHMEIER, G.: Wissen managen: Das Münchener Modell. 2000. URL: <http://www.medienpaed.com/02-2/reinmann1.pdf> (Stand: 20.05.2003).
- REINMANN-ROTHMEIER, G.: Individuelles Wissensmanagement : Strategien für den persönlichen Umgang mit Informationen. Bern: 2000b.
- REINMANN-ROTHMEIER, G.: Mediendidaktik und Wissensmanagement. 2002. URL: <http://www.medienpaed.com/02-2/reinmann1.pdf> (Stand: 20.05.2003).
- RIPE: URL: <http://www.ripe.net/info/stats/hostcount/2005/03/> (Stand: 16.05.2005).
- ROSCELLE, J. / KAPUT, J. / STROUP, W. / KAHN, T.M.: Scaleable Integration of Educational Software: Exploring The Promise of Component Architectures. In: *Journal of Interactive Media in Education*, 1998 (6). URL: <http://www-jime.open.ac.uk/98/6/roschelle-98-6-paper.html> (Stand: 17.12.2001).
- ROTH, G.: Die Konstitution von Bedeutung im Gehirn. In: Schmidt, S. J.(Hrsg.): *Gedächtnis. Probleme und Perspektiven der interdisziplinären Gedächtnisforschung*. Frankfurt a.M.: 1991, S. 360 - 370.
- SANDKUHL, K.: Wissensportale. Merkmale, Architekturen und Perspektiven. In: *Informatik Spektrum*, Band 28, Heft 3, 2005, S. 193 - 201.
- SCHATZ, S.: Paradigm Shifts and Challenges for Instructional DesignersAn Introduction to Meta Tags and Knowledge Bits. 2001. URL: <http://www.imsproject.org/feature/kb/knowledgebits.html> (Stand: 25.03.2002).
- SCHMIECH, M.: Zum Spezifischen des Berufs Systeminformatiker/-in - Überlegungen im Vorfeld konkreter Unterrichtsgestaltung. In: *lernen & lehren* Heft 71, 18. Jahrgang 2003, S.127 - 132.
- SCHNURR, H.-P. / STAAB, S. / STUDER, R. / SURE, Y.: Ontologiebasiertes Wissensmanagement - Ein umfassender Ansatz zur Gestaltung des Knowledge Life Cycle. 16. Januar 2001. URL: <http://www.ontoprise.de/documents/OntologieWM.pdf> (Stand: 01.06.2003).
- SCHRÖDINGER, E.: Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet. München: Piper 1989 (Erstausgabe 1944).
- SCHÜLER, P.: Aufgebauscht oder totgeschwiegen. Das weite Web in der Suchmaschine. In: *CT - Magazin für Computertechnik*, 2003, Heft 1, S. 54 - 57.
- SCHÜPPEL, J.: Wissensmanagement: organisatorisches Lernen im Spannungsfeld zwischen Wissens- und Lernbarrieren. Wiesbaden, 1996.
- SCHWEITZER, F.: Selbstorganisation und Information. In: Krapp, H. / Wägenbaur, Th. (Hrsg.): *Komplexität und Selbstorganisation - „Chaos“ in Natur- und Kulturwissenschaften*. München: 1997, S. 99 - 129.
- SCHWELLINGER, F.: Humans only - Woran sich Computer die Zähne ausbeißen. In: *CT-Magazin für Computertechnik*, Heft 12, 2003, S. 214 - 217.
- SCOTT, B.: Topic Maps and Learning Design. Präsentation - Workshop Learning Design, Topic Maps and the Conversational Theory of Learning. Oslo: 26-27 Jan 2005. URL: http://www.estandard.no/ld/Scott_TM_LD_Oslo_feb05.ppt (Stand: 14.07.2005).

- SESDL (SCOTTISH ELECTRONIC STAFF DEVELOPMENT LIBRARY): URL: <http://www.sesdl.scotcit.ac.uk> (Stand: 02.08.2002).
- SHZ (SCHLESWIG-HOLSTEINISCHER ZEITUNGSVERLAG): URL: <http://www.shz.de> (Stand: 30.07.2003).
- SIEGEL, A.: Towards knowledge organization with Topic Maps. 2000.
- SIETMANN, R.: Ein Netz im Netz der Netze. Wissenschaftlicher Informationsaustausch im Zeitalter des Internet. In: CT-Magazin für Computertechnik, Heft 18, 2002, S. 80 - 82.
- SIETMANN, R.: Wissen ist Geld. Urheberrecht, 'Geistiges Eigentum' und die Rechteinhaber. In: CT-Magazin für Computertechnik, Heft 24, 2002, S. 108 - 117.
- SIGEL, A.: Was leisten Topic Maps? Bonn: 2001. URL: index.bonn.iz-soz.de/~sigel/veroeff/DGI-2001/sigel-dgi2001.doc (Stand: 11.07.2005).
- SIMON, B.: Do e-learning standards meet their challenges? 2002. URL: <http://www.wu-wien.ac.at/ust/wi/simon/publikationen/e-learning-standards-bsi.pdf> (Stand: 21.08.2002).
- SINGH, H.: Achieving Interoperability in e-Learning. American Society for Training & Development (ASTD), 2000. URL: <http://www.learningcircuits.org/mar2000/singh.html> (Stand: 17.12.2001).
- SKOLA: Selbst gesteuertes und kooperatives Lernen in der beruflichen Erstausbildung. BLK-Modellversuchsprogramm. URL: www.blk-skola.de/ (Stand: 21.12.2005).
- SMETE OPEN FEDERATION (SCIENCE, MATHEMATICS, ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION): URL: <http://www.smete.org> (Stand: 02.08.2002).
- SMOLNIK, S.: Marktüberblick über kommerzielle und frei verfügbare Topic Map Tools. In: XML Topic Maps, Darmstädter Kongresse, 10. April, Zentrum für Graphische Datenverarbeitung e.V., Darmstadt: 2003.
- SOWA, J. F.: Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. 2000.
- STAAB, S.: Wissensmanagement mit Ontologien und Metadaten. In: Informatik Spektrum, Band 25, Heft 3, Juni 2002, S. 194 - 209.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (HRSG.): Informationstechnologie in Haushalten. Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in privaten Haushalten — Ergebnisse einer Pilotstudie für das Jahr 2002. Wiesbaden: 2003. URL: http://www.destatis.de/presse/deutsch/pk/2003/iuk_privat.pdf (Stand: 29.07.2003).
- STATISTISCHES BUNDESAMT (HRSG.): Informations-Technologie in Unternehmen. Ergebnisse einer Pilotstudie für das Jahr 2002. Wiesbaden: 2003b. URL: http://www.destatis.de/presse/deutsch/pk/2003/iuk_unternehmen.pdf (Stand: 29.07.2003).
- STEIMANN, F. / NEJDL, W.: Modellierung und Ontologie. 1999. URL: <http://www.kbs.uni-hannover.de/Arbeiten/Publikationen/1999/M&O.pdf> (Stand: 27.05.2003).
- STEINACKER, A.: Medienbausteine für web-basierte Lernsysteme. Darmstadt: TU Darmstadt, Fachbereich Informatik, 2002. URL: <http://elib.tu-darmstadt.de/diss/000278/diss.PDF> (Stand: 27.07.2004).
- STEINMETZ, R. / SEEBERG, C. / STEINACKER, A.: Coherence in the Learning System k-med. 2001. URL: <http://www.uni-giessen.de/fb09/ascl/gldv2001/proceedings/pdf/GLDV2001-steinmetz.pdf> (Stand: 09.08.2002).
- STIFTUNG DIGITALE CHANCEN: URL: <http://www.digitale-chancen.de/> (Stand: 08.08.2003).
- STRAKA, G. A. / STÖCKL, M. (HRSG.): Selbstgesteuertes Lernen und individuelles Wissensmanagement. Bremen: Forschungs- und Praxisberichte der Forschungsgruppe LOS (Lernen, Organisiert und Selbstgesteuert), 2001.
- STUBER, F.: Berufliche Informatik - Kompetenzentwicklung zwischen Arbeitsprozess und informatischer Bildung. Reihe Bildung und Arbeitswelt, Band 7. Nomos Verlag 2002.
- STUDER, R. / BENJAMINS, R. / FENSEL, D.: Knowledge Engineering: Principles and Methods. In: Data and Knowledge Engineering 25, 1998, S.161 - S. 197.
- STUDER, R. / OPPERMAN, H. / SCHNURR, H.-P.: Die Bedeutung von Ontologien für das Wissensmanagement. Ontoprise GmbH, September 2001.
- SUN DEVELOPER'S TOOLKIT FOR CREATING IMS LEARNING RESOURCE-COMPATIBLE META-DATA: URL: <http://www.imsproject.org/tools/sun.html> (Stand: 06.08.2002).
- TAKEUCHI, H. / NONAKA, I.: Theory of Organizational Knowledge Creation. In: Morey D. u. a. (Hrsg.): Knowledge Management - Classic and Contemporary Works. Cambridge / MA: MIT Press 2001, S. 139 - 183. (Ursprünglich: The Knowledge Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. New York: Oxford University Press, 1995, S. 56 - 94).
- TELECAMPUS ONLINE COURSE DIRECTORY: URL: <http://telecampus.edu> (Stand: 02.08.2002).
- TM4L-WEB SITE: Topic Maps 4 E-Learning. URL: <http://www.wssu.edu/iis/NSDL/> (Stand: 09.07.2005).
- TOPICMAPS.ORG AUTHORIZING GROUP: XML Topic Maps (XTM) 1.0 TopicMaps.Org Specification. 2001. URL: <http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/> (Stand: 10.07.2005).
- TOPICMAPS.ORG: URL: <http://www.topicmaps.org> (Stand: 05.08.2002).

- TURING, A. M.: Computing Machinery and Intelligence. In: Mind, Vol. 59, 1950, No. 236, S. 433 - 460. URL: <http://www.oxy.edu/departments/cog-sci/courses/1998/cs101/texts/Computing-machinery.html> (Stand: 22.05.2002).
- UNICODE HOME PAGE: URL: <http://www.unicode.org/> (Stand: 24.06.2003).
- UNIVERSAL BROKERAGE PLATFORM FOR LEARNING RESOURCES: URL: <http://www.educanext.org/UNIVERSAL/> (Stand: 02.08.2002).
- USCHOLD, M. / GRÜNINGER, M.: Ontologies: Principles, methods and applications. In: Knowledge Engineering Review, 11 (2), 1996, S. 93 - 155.
- VARELA, F. J. / THOMPSON, E. / ROSCH, E.: Der Mittlere Weg der Erkenntnis. Brückenschlag zwischen wissenschaftlicher Theorie und menschlicher Erfahrung. München: Scherz, 1992.
- VATANT, B.: Cooking for the Semantic Web. OWL and Topic Map Pudding. 2003. URL: <http://www.mondeca.com/owl/owltm.htm> (Stand: 11.07.2005).
- VESTER, F.: Denken, Lernen, Vergessen. Stuttgart: (1975), 2001.
- VON FOERSTER, H. / PÖRKSEN, B.: Wahrheit ist die Erfindung eines Lügners. Gespräche für Skeptiker. 1998.
- VON FOERSTER, H.: Wissen und Gewissen. Frankfurt a.M.: 1993.
- VON GLASERSFELD, E.: Radikaler Konstruktivismus. Ideen, Ergebnisse, Probleme. Frankfurt a.M.: 1996.
- VON GLASERSFELD, E.: Wege des Wissens. 1997.
- W3C - SEMANTIC WEB: URL: <http://www.w3.org/2001/sw/> (Stand: 17.07.2002).
- W3C: Requirements for a Web Ontology Language. W3C Working Draft 07 March 2002. URL: <http://www.w3.org/TR/2002/WD-webont-req-20020307/> (Stand: 28.06.2002).
- W3C: RDF Primer. Working Draft 19 March 2002b. URL: <http://www.w3.org/TR/2002/WD-rdf-primer-20020319> (Stand: 28.06.2002).
- W3C: OWL Web Ontology Language. Overview. W3C Working Draft 31 March 2003. URL: <http://www.w3.org/TR/owl-features/> (Stand: 18.08.2003).
- W3C: Web Ontology Language Reference. W3C Recommendation 10 February 2004. URL: <http://www.w3.org/TR/owl-ref/> (Stand: 11.07.2005).
- WACHE, H / VOEGELE, T. / VISSER, U. / STUCKENSCHMIDT, H. u. a. : Ontology-Based Integration of Information - A Survey of Existing Approaches. In: Proceedings of the IJCAI-2001 Workshop - Ontologies and Information Sharing, Seattle: 2001, S. 108 - 117.
- WEIBEL S. u. a. : Dublin Core Metadata for Resource Discovery. The Internet Society, 1998. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2413.txt> (Stand: 24.02.2002).
- WELTY, C. / GUARINO, N.: Supporting ontological analysis of taxonomic relationships. In: Data & Knowledge Engineering 39 (2001), S. 51 - 74.
- WENGER, E.: Communities of Practice: Learning as a Social System. 1998. URL: <http://www.co-il.com/coil/knowledge-garden/cop/lss.shtml> (Stand: 20.02.2002).
- WERSIG, G.: Information - Kommunikation - Dokumentation. München: Verlag Dokumentation, 1971.
- WERSIG, G.: Die Komplexität der Informationsgesellschaft. Konstanz: Schriften zur Informationswissenschaft, Bd. 26, 1996.
- WIDHALM, R. / MÜCK, T.: Topic Maps. Semantische Suche im Internet. Springer-Verlag, 2001.
- WIKIPEDIA: Die freie Enzyklopädie. URL: <http://de.wikipedia.org> (Stand: 23.06.2003).
- WILEY, D.A.: About the RLO Strategy White Paper. 2001. URL: http://wiley.ed.usu.edu/docs/cisco_rlo.html (Stand: 09.08.2002).
- WILEY, D.A.: Learning object design and sequencing theory. Dissertation. Department of Instructional Psychology and Technology - Brigham Young University - June 2000. URL: <http://wiley.ed.usu.edu/docs/dissertation.pdf> (Stand: 18.12.2001).
- WINKLER, S.: Digital Library - Aktivitäten in Deutschland. Studie. Darmstadt: 2001. URL: http://www.dl-forum.de/Foren/dl_konzepte/dlaktivitaeten.pdf (Stand: 20.03.2002).
- WIRTZ, M. / CASPAR, F.: Beurteilungsübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Göttingen: Hofgrefe 2002.
- WIRTZ, M. / NACHTIGALL, C.: Deskriptive Statistik. Statistische Methoden für Psychologen. Teil 1. Weinheim und München: Juventa Verlag, 1998.
- WOLKENSTEIN, M. W.: Entropie und Information. Moskau: 1986.
- WORDNET: URL: <http://www.cogsci.princeton.edu/~wn/> (Stand: 25.06.2003).
- ZEW (ZENTRUM FÜR EUROPÄISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG): IKT-Report. Mannheim: Juni 2003. URL: ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/div/IKTRep/IKT_Report_2003.pdf (Stand: 07.08.2003).

ZINKE, G.: Lernen in der Arbeit mit Online-Communities - Chancen für E-Learning in kleinen und mittelständischen Unternehmen. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP). Bonn: BIBB, 2003, Heft 1, S. 9 - 13.

